l'architecture d'aujourd'hui

64

27e Année Mars 1956

l'architecture d'aujourd'hui

André BLOC directeur général,
Pierre VAGO président du comité de rédaction,
Alexandre PERSITZ rédacteur en chef

Tirage : 14.500 exemplaires
Diffusion contrôlée par l O.J.D.

Ce numéro : France : 1.300 Fr.
Etranger : 1.350 Fr.

structures

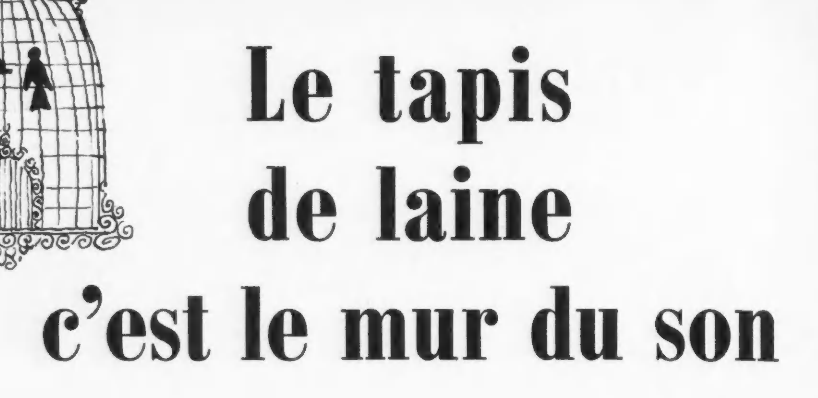
Numéro réalisé par Alexandre **PERSITZ** en collaboration avec Danielle **VALEIX**

5, Rue Bartholdi, Boulogne (Seine)
Tél. : Molitor 61-80 et 81
C.C.P. Paris 1519.97

Directeur de la publicité : A. Margueritte

Abonnement 1 an (6 numéros) :
France et Union Française : 4.800 Fr.
Allemagne : D.M. 67,50
Belgique : 775 Fr. belges
Suisse : 70 Fr. suisses
Autres Pays : 16 dollars


PHOTO J. ROUCHON



Le tapis de laine c'est le mur du son

Sa véritable futaie de poils denses éponge les sons aériens. Et les bruits de pas, il les empêche de se produire.
Pourquoi chercher d'autres moyens, moins sûrs, d'isolation phonique?
Pourquoi faire les frais de coûteux revêtements de sol, que le tapis cacherait en entier?

En posant, dès la construction, la moquette avec sa thibaude, directement sur ciment, en la clouant sur une ceinture de tasseaux noyés dans la chape autour de chaque pièce, vous faites, en compensation, l'économie de vos budgets « ***insonorisation*** » et « ***finition du sol*** ». Pour le même prix, vous offrez au client futur le luxe incomparable du tapis.

Solution rationnelle, solution meilleure que d'autres au même prix, donc solution à adopter...





– S.A.G.

le tapis de laine posé *directement* sur ciment

BUREAU D'INFORMATIONS : UNION DES FABRICANTS DE TAPIS DE FRANCE - 43, RUE DE LILLE - TOURCOING

† ERIK BRYGGMAN

Le professeur Erik Bryggman, considéré universellement comme un des pionniers de l'architecture moderne finlandaise, vient de mourir après une longue maladie.

Né en 1891, il commença son activité d'architecte à peu près à la même époque qu'Alvar Aalto dont il fut l'associé pendant quelques années. Il s'établit à Turku et construisit dans ce port, qui connut après la guerre un essor rapide, un grand nombre d'œuvres dont certaines furent publiées dans notre Revue.

Animateur de l'architecture contemporaine, Erik Bryggman fut cependant profondément influencé par l'esprit scandinave. Son art très nuancé savait mettre en valeur avec subtilité les qualités propres de chacun des matériaux employés.

Un hommage vient d'être rendu à Turku à Erik Bryggman auquel les architectes finlandais se sont associés. C'est leur président, Alvar Aalto, qui évoqua la carrière et le grand mérite de cet architecte.

DISTINCTIONS

L'Académie d'Art de Cranbrook vient de dédier, à la mémoire d'Eliel Saarinen (1873-1950), une médaille rappelant l'importante contribution apportée par l'architecte à cette Institution.

La médaille a été dessinée et exécutée par un de ses anciens élèves, le sculpteur Marshall Fredericks.

La médaille d'or de l'Architecture vient d'être décernée, par la Grande-Bretagne, à l'architecte américain Walter Gropius, pour l'ensemble de son œuvre.

Nous venons d'apprendre que Sir Patrick Abercrombie, architecte et urbaniste de Grande-Bretagne, vient d'être promu au titre d'officier de la Légion d'honneur.

L'architecte français Gaston Bardet vient d'être nommé membre d'honneur du Collège des Architectes du Chili.

V[e] CONGRES DES TECHNICIENS DE LA SANTE

PARIS 5-8 JUIN 1956

Le V[e] Congrès-Exposition International des Techniciens de la Santé se tiendra à Paris, à la Maison de la Mutualité, 5, rue Saint-Victor, du 5 au 8 juin 1956, sous les auspices de la Revue « Techniques Hospitalières ».

Thème. — Les conceptions et techniques contemporaines au service de la santé de l'homme.

QUESTIONS TRAITEES :

La vie médicale, chirurgicale et pharmaceutique : acquisition et espoirs.

L'architecture et l'équipement des établissements hospitaliers.

L'éducation sanitaire.

La gestion et les techniques de gestion.

L'Exposition permettra une intéressantes confrontation du matériel et de l'instrumentation medicochirurgicale, de la construction, de l'équipement et la gestion des établissements de soins.

Le programme dont nous donnons ici les grandes lignes ne constitue qu'une première information, le programme complet sera envoyé sur demande au Secrétariat général, 37, rue de Montholon, Paris (9[e]). Adresser adhésion avant le 15 mai.

CONSEIL INTERNATIONAL DU BATIMENT

La Section d'études du Conseil International du Bâtiment s'est réunie à Paris du 20 au 23 février dernier.

Les thèmes suivants ont été traités :

— influence de la hauteur des immeubles sur leur coût de construction ;

— chantiers expérimentaux de la C.E.C.A. ;

— étude des désirs et des besoins des hommes en matière de logement.

De pareilles études menées avec sérieux sur un plan international sont, sans aucun doute, à encourager, mais elles demandent évidemment beaucoup de travail et de temps si on veut qu'elles donnent des résultats valables. On ne peut que regretter qu'en convoquant la presse à l'issue de ces journées, le C.I.B. n'ait pas eu à lui présenter des conclusions concrètes et n'ait pu lui faire part que de l'effort entrepris.

CONFERENCE DE PRESSE AU M.R.L.

Lors de la Conférence de presse qu'il a tenue le 9 mars, M. B. Chochoy, Secrétaire d'Etat à la Reconstruction et au Logement, s'est défini lui-même comme le ministre des moyens et non celui des objectifs, entendant par là qu'il s'appuierait non sur des programmes, dont la réalisation reste problématique, mais sur les moyens dont il dispose pour les réaliser.

Une certaine capacité de construire et un marché du bâtiment ordonné sont les deux conditions nécessaires, sinon suffisantes, de l'expansion de la construction en France.

Le Secrétaire d'Etat insista sur la nécessité de construire en fonction des possibilités économiques de la population et, par conséquent, d'encourager la réalisation d'immeubles locatifs. Trois points principaux orienteront sa politique :

1° La recherche d'un marché du bâtiment régulier et ordonné, ce qui suppose :

a) la coordination des efforts des maîtres d'ouvrages ;

b) la promotion de formules de construction industrialisée et économe de main-d'œuvre.

2° Le développement du secteur locatif.

3° La mise au point de dispositions législatives et financières qui permettront aux collectivités locales de surmonter les difficultés multiples qui, présentement, freinent leur incitation à faire construire.

M. Chochoy insista également sur le rôle des H.L.M. auxquelles il désire confier un rôle accru, particulièrement dans le secteur locatif.

Des mesures ont déjà été prises touchant la procédure d'inscription des programmes de ces organismes, qui les libéreront d'un certain nombre de formalités. En retour, il tient à ce que ces organismes prêtent leur concours à la réalisation d'importants programmes « évolués », c'est-à-dire mettant en œuvre une technique génératrice d'économies et ménagère de main-d'œuvre (programmes dits industrialisés, économie de main-d'œuvre et diverses formules tendant à la typification).

Un traitement privilégié sera assuré à ces programmes évolués par une élévation préférentielle du plafond des prêts consentis par la Caisse des Dépôts et Consignations.

La question de la région parisienne fut abordée ensuite en détail dans le même esprit.

ECOLE D'ETE « C.I.A.M. » A VENISE, SEPTEMBRE-OCTOBRE 1956

Les cours auront lieu cette année à l'Institut Universitaire d'architecture (Palais Giustiniani), du 6 septembre au 6 octobre 1956. Le programme comporte le développement d'un thème d'architecture ou d'urbanisme touchant un problème concret de la ville de Venise, des conférences de professeurs italiens et étrangers sur des sujets d'intérêt général, des visites aux monuments de Venise et aux environs. A l'issue des cours, une Commission examinera et critiquera les projets. Nous rappelons que l'Ecole est ouverte aux étudiants et étudiantes accomplissant leur dernière année d'étude et aux architectes n'ayant pas obtenu leur diplôme depuis plus de deux ans.

S'inscrire aux Groupes CIAM ou à l'Ecole avant le 15 mai : Scuola Estiva CIAM, c/o Instituto Universitario di Architettura, Fondamenta Nani 1012 Dorso Duro, Venezia, Italie. Les frais d'inscription aux cours sont de 15.000 lires, le voyage, le logement et la nourriture étant à la charge des élèves.

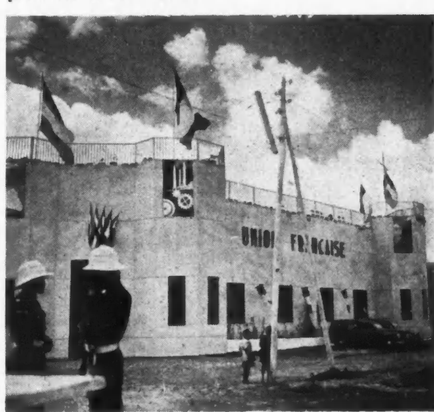
CONGRES INTERNATIONAL DES ARCHITECTES ET TECHNICIENS DES MONUMENTS HISTORIQUES

Nous venons d'apprendre que ce Congrès, organisé par la Compagnie des Architectes en chef des Monuments Historiques de France, se tiendra à Paris l'an prochain sous le patronage de l'Unesco, avec le concours du Ministère de l'Education Nationale, de l'Institut de France, de l'Académie d'Architecture, du Conseil Supérieur de l'Ordre des Architectes et de la Société Française d'Archéologie.

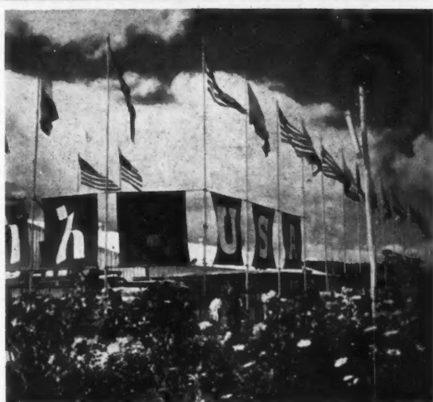
EXPOSITION INTERNATIONALE A ADDIS-ABBEBA

A l'occasion du Jubilé de Sa Majesté Haïlé Sélassié a été inaugurée une exposition internationale dans la capitale de l'Ethiopie.

Les principaux pays étaient représentés par d'importants pavillons ; nos lecteurs ne seront-ils pas affligés par la confrontation des quelques photographies reproduites ci-dessous : le pavillon de l'Union française dépasse nettement les limites permises de la bêtise.









PROBLÈMES DE PARIS

PROJET D'AMENAGEMENT DU QUARTIER DES BUTTES-CHAUMONT

MARCEL FAVRAUD, ARCHITECTE



Les plans d'aménagement de quartiers tels que celui étudié, en 1954, par Marcel Favraud, pour une partie des Buttes-Chaumont, ce, à l'initiative du Ministère de la Reconstruction et du Logement, constituent, par rapport à la totale imprévision qui présida jusqu'alors à l'évolution des îlots parisiens, un progrès remarquable.

Mais l'auteur lui-même, avec une belle probité intellectuelle, le qualifie de « timide essai d'urbanisme » et s'oppose à toute implantation qui, « sous prétexte d'intérêts immédiats » constituerait une erreur dans le temps ».

Il a courageusement raison, trois ou quatre études de remodélation de quartiers ou d'îlots insalubres sont en cours dont les auteurs s'ignorent et ignorent les liens d'urbanisme qui les doivent unir.

L'erreur ne fait que changer d'échelle.

On ne traite pas en médecine ou en urbanisme, de points particuliers sans connaître du tout.

Plan Directeur d'abord !

Raymond LOPEZ.

Extrait d'une lettre de Marcel Favraud à M. le Directeur général de l'Aménagement du Territoire :

« Je tiens à vous rappeler que j'ai été chargé de l'étude de plan masse d'un quartier du 19e arrondissement délimité par les avenues Secrétan, Jean-Jaurès, Laumière et la rue Fanin. Je m'en suis volontairement tenu aux parties libres du terrain, en envisageant l'extension future par l'assainissement d'un îlot constitué d'immeubles insalubres. Donc, un programme très limité dans le temps et susceptible de réalisation.

Le programme initial prévoyait la construction : de plusieurs groupes d'H.L.M., d'une école professionnelle, d'un lycée, d'un groupe scolaire.

Je n'ai pas perdu le point de vue de l'administration des H.L.M. qui est de mettre en route, dans le plus court délai, une première tranche d'habitations de 500 logements répartis en : 80 log. au nord de la voie, 420 log. au sud.

Le plan masse a été étudié en tenant compte également de la nature du sous-sol qui oblige à construire, dans la partie haute, des immeubles élevés de l'ordre de 15 étages sur d'anciennes carrières de gypse.

Je suis persuadé que cet essai timide d'urbanisme peut être réalisé avec profit pour tout le quartier ; aussi, par souci de concevoir un ensemble cohérent.

Considérer que le terrain situé au sud de la rue Armand-Carrel est apte à recevoir un établissement d'enseignement, ce serait risquer de voir surgir, au pied et à l'ombre d'immeubles obligatoirement fort hauts, des édifices scolaires, baignés dans l'ombre et incorporés à un chaos architectural, faute d'une répartition logique du terrain.

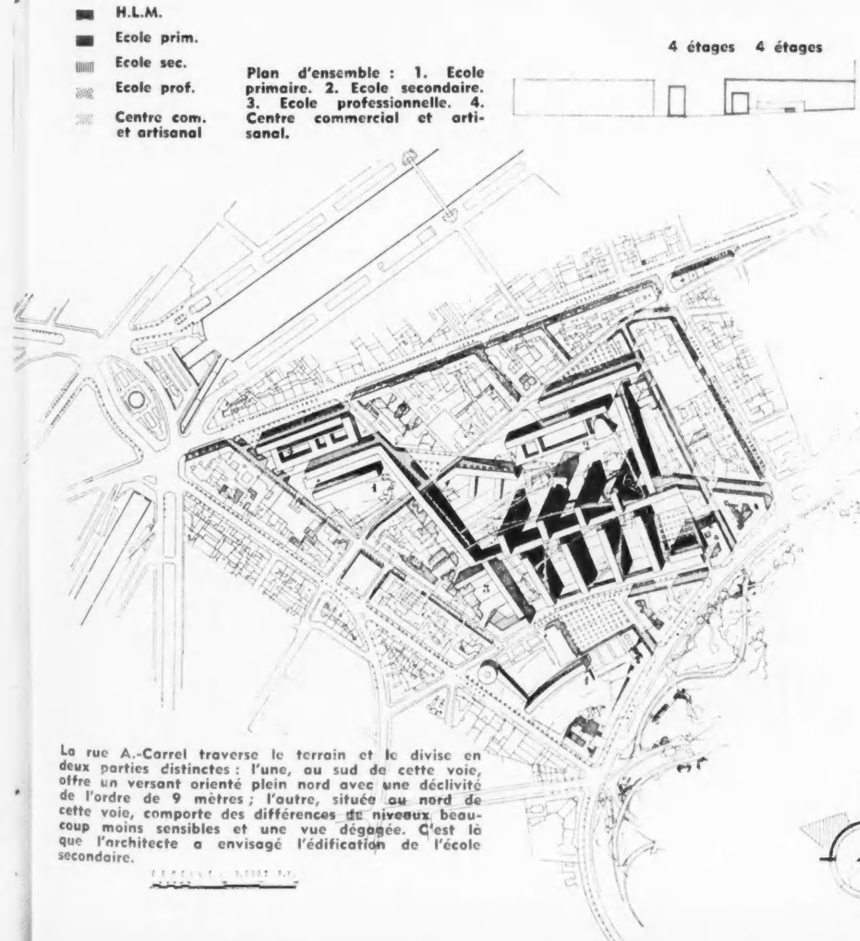
Je ne contribuerai pas personnellement à la création d'aucun de ces désordres et m'opposerai à toute solution de rechange et de compromis. Je reste persuadé de la possibilité de réaliser un aménagement, même limité, dans le sens du premier plan que je vous ai remis.

Je ne pense pas, Monsieur le Directeur, qu'il soit dans vos intentions d'abandonner l'idée première qui consiste à aménager et à redistribuer les terrains en fonction des constructions appelées à s'y incorporer. Ce serait renoncer définitivement aux premiers essais de plan masse au moment où des problèmes d'urbanisme d'envergure se posent de façon cruciale pour l'avenir de la région parisienne.

4 étages 4 étages 16 étages 10 étages 14 étages

H.L.M.
Ecole prim.
Ecole sec.
Ecole prof.
Centre com. et artisanal

Plan d'ensemble : 1. Ecole primaire. 2. Ecole secondaire. 3. Ecole professionnelle. 4. Centre commercial et artisanal.



La rue A.-Carrel traverse le terrain et le divise en deux parties distinctes : l'une, au sud de cette voie, offre un versant orienté plein nord avec une déclivité de l'ordre de 9 mètres ; l'autre, située au nord de cette voie, comporte des différences de niveaux beaucoup moins sensibles et une vue dégagée. C'est là que l'architecte a envisagé l'édification de l'école secondaire.

GROUPE ESPACE — ASSEMBLEE GENERALE DU 9 MARS 1956

L'Assemblée générale du Groupe Espace s'est tenue à Paris le 9 mars. Elle avait cette année une importance particulière du fait du renouvellement des Membres du Bureau et du Comité, renouvellement prévu par les statuts en vigueur après cinq ans d'exercice.

M. André Bloc ouvre la séance en évoquant les pertes douloureuses subies par le Bureau au cours de l'année 1955 : décès de son vice-président, Fernand Léger, et de son trésorier, Bernard Laffaille. Bien que très différents par leur formation et leur activité, ils avaient l'un et l'autre su créer un courant de recherches désintéressées et contribué à rapprocher les points de vue de l'architecte et de l'artiste devant des problèmes dont ne leur apparaît qu'un seul aspect. Il rappelle que Fernand Léger fut un précurseur dont l'influence a été décisive et que Bernard Laffaille, mathématicien, professeur et ingénieur de grande qualité, avait, au sein du Groupe, créé la Commission de la Dimension.

Il aborde ensuite les problèmes posés par la participation du Groupe Espace à l'Exposition du Bâtiment et des Travaux publics au Parc de Saint-Cloud au mois de juin dernier. La présentation en groupe des œuvres d'artistes peut-elle conduire à une démonstration positive ? Ne serait-il pas souhaitable que les œuvres soient plus directement associées à l'exposition ? C'est sous cette forme que la participation au IIe Salon International du Bâtiment et des Travaux publics, vient d'être envisagée pour 1956. M. Chéreau, président-directeur de cette exposition, vient en effet d'offrir au Groupe de répartir des œuvres de grandes dimensions dans l'enceinte de l'exposition formant, ou éléments de rupture ou éléments de liaison et étudiées à des fins déterminées. De plus, il demande au Groupe de présenter des projets pour les portiques d'entrée : deux ou trois maquettes pourraient donc être étudiées par des équipes composées chacune d'un architecte, d'un peintre et d'un sculpteur. Enfin, un type de stand modulé pourrait être mis au point. L'étude de modulation pourrait permettre un jeu de possibilités très diverses répondant à des programmes précis. Des équipes pourraient travailler en collaboration à ces études avec Claude Parent.

M. André Bloc donne ensuite lecture d'une lettre de M. Delevoy concernant la participation éventuelle du Groupe à l'Exposition de Bruxelles. Est-il souhaitable, là encore, que les œuvres soient groupées ou réparties ? M. Bloc demande au Bureau et au Comité de bien vouloir étudier la réponse qui doit être faite à M. Delevoy.

M. Breuil fait part du désir exprimé par M. Guillet, Conservateur du Musée de Rouen, de placer pour une durée déterminée des œuvres des membres du Groupe dans une salle appropriée.

M. Bloc transmet ensuite la proposition de M. Folmer, dont nous donnons ici un extrait :

Devant la difficulté qui existe d'exprimer clairement ce que peut être la polychromie architecturale, ne pourrait-on envisager l'édification de maquettes synthétiques, d'immeubles exécutés ou non, mais qui serviraient en quelque sorte de thème à des recherches de couleurs...

L'idée est jugée bonne à l'unanimité, bien qu'une difficulté réside dans la gratuité de telles études ; néanmoins, M. Candilis propose que des documents sous forme de maquettes ou de photographies soient transmises aux membres du Groupe afin de fournir une base possible de travail.

Divers travaux sont en outre proposés, en particulier un mur qui doit être réalisé à l'occasion d'une exposition d'art au Japon. L'étude en est transmise au Bureau et au Comité.

M. Bloc donne ensuite communication de la critique émise par M. Gorin, qui s'élève contre certaines solutions apportées par le groupe à des problèmes de synthèse architecturale, mais il exprime le désir que le Groupe poursuive ses recherches sans s'arrêter à cette critique, qui relève certes d'un souci de pureté, mais qui est trop imprégnée des idées de base du néo-plasticisme.

M. Bloc donne lecture de la réponse de V. Vasarely à un questionnaire établi par le critique d'art américain Melquist sur la synthèse des arts.

V. Vasarely a lui-même établi un questionnaire préalable à un échange d'idées et M. Schoffer propose que celui-ci soit envoyé à tous les membres du Groupe afin que chacun puisse y répondre. Des discussions seraient ensuite engagées, afin de concrétiser les idées de tous et d'en établir une synthèse qui pourraient faire l'objet d'une publication. Cette idée est adoptée à l'unanimité.

M. André Bloc propose de rechercher les remèdes à la méconnaissance des milieux officiels pour tout ce qui concerne la création artistique. Il critique violemment la participation française aux Biennales de Venise et de Sao-Paulo et à la Triennale de Milan. Pourtant, dit-il, il existe en France une vie artistique intense qui permettrait de trouver une expression plus significative des recherches poursuivies. Si cela n'implique pas que le Groupe Espace prétende monopoliser les initiatives, la qualité et l'importance de ses travaux pourrait offrir une source de possibilités. Il s'agit de réagir contre certains milieux officiels responsables, dont l'ignorance, la passivité ou le choix tendancieux tendent à éliminer les abstraits de toutes les compétitions. Que faire ? Avant tout, recueillir des informations, les transmettre au bureau du Groupe, en demander la publication dans la revue « Aujourd'hui » et analyser la manière dont les expositions à l'étranger sont organisées. Claude Parent propose de présenter à ce sujet des documents concernant les éléments de mobilier. D'autres membres proposent de recueillir des documents prouvant comment est utilisé en général le 1 % aux artistes dans certaines constructions. Il ne s'agit pas d'intérêts particuliers, mais d'une action urgente pour le rayonnement de l'Art Français.

M. Bloc rappelle enfin qu'il s'impose de procéder cette année au renouvellement des membres du Bureau et du Comité, mais qu'il ne peut plus assumer la charge de la présidence. M. Georges Breuil est alors élu président, Mme Sonia Delaunay, vice-présidente.

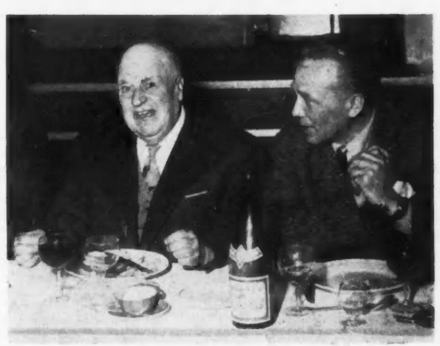
Afin que chacun, présent ou absent, puisse participer au vote pour l'élection des 19 membres constituant le Bureau et le Comité, il est décidé d'adresser à chacun la liste de tous ceux qui ont bien voulu faire acte de candidature, le dépouillement de ce vote devant avoir lieu chez Mme S. Delaunay le mercredi 28 mars 1956.

A l'unanimité, les membres présents ont demandé à M. André Bloc de bien vouloir conserver le titre de Président, M. Breuil étant alors président actif.

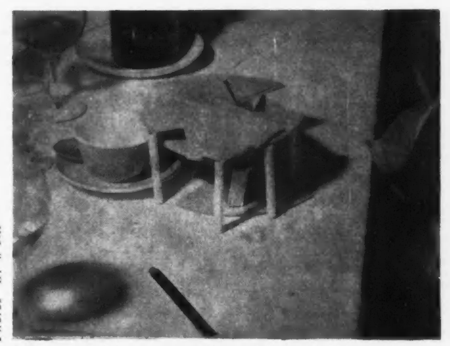
Il est ensuite donné lecture du rapport financier concernant l'exercice 1955. Il apparaît que la situation s'est nettement améliorée, mais que trop de membres ne mesurent pas à leur juste valeur les charges représentées par les frais généraux d'une exposition. Un appel est lancé à ce sujet pour que, lors des prochaines manifestations, un effort commun soit envisagé. Le Groupe adresse, d'ailleurs, à toutes les entreprises, qui ont bien voulu lui faciliter la tâche, ses plus vifs remerciements.

L'Assemblée fut suivie comme chaque année d'un dîner cordial, réunissant une centaine d'architectes et d'artistes autour de son président d'honneur, M. Claudius Petit qui adressa, à l'issue du repas, un hommage à la mémoire de Fernand Léger et de Bernard Laffaille. M. Breuil précisa la prise de position du Groupe et le programme général de son activité.









Photos B. Weill

On reconnait sur ces photographies prises au cours du diner : Mme J. Ginsberg, MM. Claudius Petit, André Bloc, P. Guéguen, G. Breuil. Au cours de cette réunion avait été présenté un film sur la maison réalisée en matière plastique, que l'on voit ici en maquette.

A la suite de l'Assemblée générale, tous les membres ayant fait acte de candidature se sont réunis chez Mme Sonia Delaunay, vice-présidente, le 18 mars. Il fut alors procédé au dépouillement du vote. Toutefois, à l'unanimité des membres présents, M. André Bloc fut prié d'accepter le titre légitime de Président-fondateur.

Le BUREAU est ainsi constitué :

Président-Fondateur.	André BLOC.
Président	Georges BREUIL, peintre.
Vice-Présidents	Sonia DELAUNAY, peintre.
	GILIOLI, sculpteur.
	Jean GINSBERG, architecte.
Secrétaire général .	Georges CANDILIS, architecte.
Trésorier	LARDERA, sculpteur.
Délégué à la Propagande	Victor VASARELY, peintre.

COMITE :
DESCOMBIN, SCHOFFER, ANTHOONS, sculpteurs.
BOZZOLINI, FALCHI, FASANI, peintres.
CHEMINEAU, LE CAISNE, MIRABAUD, PERSITZ, PARENT, SEBAG, architectes.

CONCOURS POUR L'EDIFICATION D'UNE BASILIQUE A ALGER

Un très important concours à deux degrés, dont on lira ci-dessous le programme, vient d'être jugé à Alger par différentes personnalités. Malgré la multiplication des constructions religieuses au cours des dernières années, les résultats obtenus dans la plupart des pays sont assez décevants. Un effort considérable avait été fait par les concurrents à l'occasion de cette basilique et nos lecteurs pourront se faire une première opinion par l'examen des maquettes et des plans des projets récompensés. En ce qui nous concerne, nous pouvons apprécier la précision des études, mais nous avons été cependant étonnés que le Jury ait pu prendre des déterminations, aucun des projets présentés ne constituant une expression contemporaine pour une basilique. Qu'il s'agisse de coupole, de pyramide ou de paraboloïde hyperbolique, l'association des volumes se fait mal et il apparaît de plus en plus nettement que les architectes modernes ne sont pas à l'aise dans certains programmes. — *N.D.L.R.*

PROGRAMME

Un concours public a été organisé par l'Association Diocésaine d'Alger pour la construction de la Basilique du Sacré-Cœur d'Alger.

Cette église, qui doit comporter 1.200 places assises pour les fidèles, sera une église paroissiale. Erigée à la suite d'un vœu au Sacré-Cœur de Jésus, elle doit être consacrée et pouvoir être agréée éventuellement par le Saint-Siège comme Basilique (ce qui d'ailleurs n'impose aucun style particulier).

L'Eglise du Sacré-Cœur à Alger sera donc aussi un lieu de pèlerinage individuel et collectif. Les rassemblements et les évolutions d'un nombre important de fidèles sont à prévoir dans l'aménagement du terrain environnant l'édifice.

Par son implantation, son volume, son aspect et l'aménagement de ses abords, l'église projetée devra ménager les espaces et les dégagements qu'imposent l'intérêt commun, la forte densité des constructions environnantes, le trafic intense de la rue Michelet et la nécessité de créer un centre au quartier (Plateau Saulière).

L'église et ses annexes seront construites sur un terrain situé au centre de la paroisse à desservir.

Ce terrain, de 3.182,56 m², dont l'axe principal est orienté Nord-Sud, a la forme approximative d'un rectangle de 75 m × 42 m.

Il existe une pente plus ou moins continue du Nord-Ouest au Sud-Est. La différence maxima de niveau est de 11 m.

Les concurrents devront tenir compte des récentes dispositions antisismiques édictées par le M.R.U. et les Services d'architecture du Gouvernement général.

L'utilisation des matériaux de grande inertie thermique est souhaitable.

Le prix ne doit pas dépasser l'ordre de 100 millions de francs, non compris : les fondations, l'aménagement des abords et les installations intérieures.

Le projet comporte une servitude. En effet la zone Sud du terrain (713 m²) est actuellement louée, jusqu'en 1973, à la Compagnie des Pétroles B.P. qui y a installé une station-service en bordure de la rue Michelet.

Cette zone, actuellement inutilisable, doit faire partie de l'étude d'ensemble du projet et son aménagement être obligatoirement prévu.

L'entrée principale de l'église sera sur la façade Sud, et doit pouvoir être utilisée immédiatement, malgré cette servitude.

L'utilisation de cette zone à récupérer en 1973, sera prévue comme voie d'accès à l'entrée principale et emplacement pour des cérémonies en plein air.

Il est inutile de ménager des dégagements pour des processions à l'intérieur de l'édifice, mais uniquement pour la circulation normale des fidèles au cours des offices : accès facile à toutes les places assises et à la table de communion.

Doivent être assurées l'entrée et l'évacuation rapides des fidèles entre deux cérémonies consécutives.

Un parcours pour les processions autour de l'église est à prévoir au moins le long de la façade Sud et de la façade Est de l'édifice.

L'acoustique doit être étudiée pour répondre aux besoins de la parole, de la musique chorale et des orgues.

La température élevée impose une prise en considération toute spéciale du problème de l'aération de l'édifice : non seulement le cube d'air doit se renouveler régulièrement, mais il faut pouvoir le changer complètement et rapidement entre deux cérémonies dominicales par exemple.

Les sacristies (et leurs armoires) doivent être ventilées soigneusement (chaleur et humidité).

Il est demandé en outre diverses annexes : une sacristie pour le clergé, un confessionnal isolé pour les sourds, une sacristie pour les enfants de chœur et un débarras pour le gros matériel, deux bureaux, une sacristie pour les mariages avec accès depuis l'église (en dehors du chœur) et sortie vers l'extérieur, et une petite chapelle funéraire avec accès depuis l'extérieur de l'église.

JUGEMENT

Le 14 mars 1956, le Jury du Concours s'est réuni à Alger. Il était ainsi composé :

Son Exc. Mgr Léon-Etienne Duval, Archevêque d'Alger, Président ;

M. Léon Claro, Président du Conseil régional de l'Ordre des Architectes, représentant le Président du Conseil supérieur de l'Ordre, Vice-Président ;

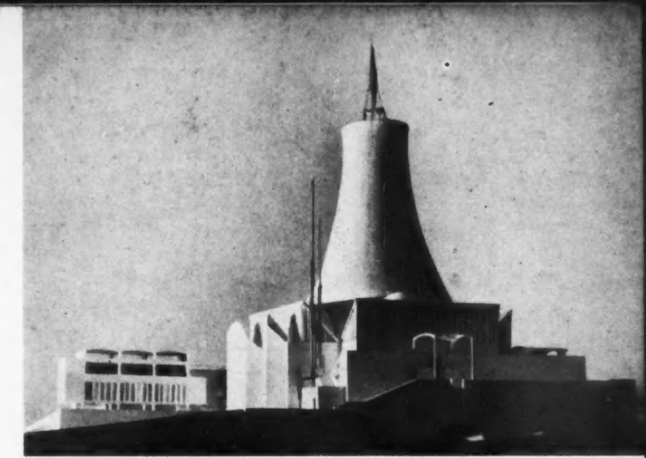
Mgr Edmond Poggi, Vicaire général ;

MM. E. Beaudouin, G.-H. Pingusson, P. Sonrel, G. Hanning, E.-A. Solivères, J. de Maisonseul, urbanistes et architectes ;

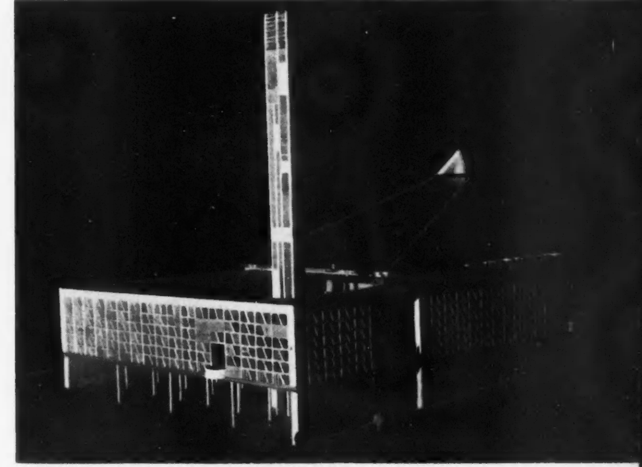
MM. les Abbés F. DiMeglio, J. Neau et J. Tissot.

Après examen des projets, le Jury a attribué au scrutin secret les quatre prix prévus par le règlement :

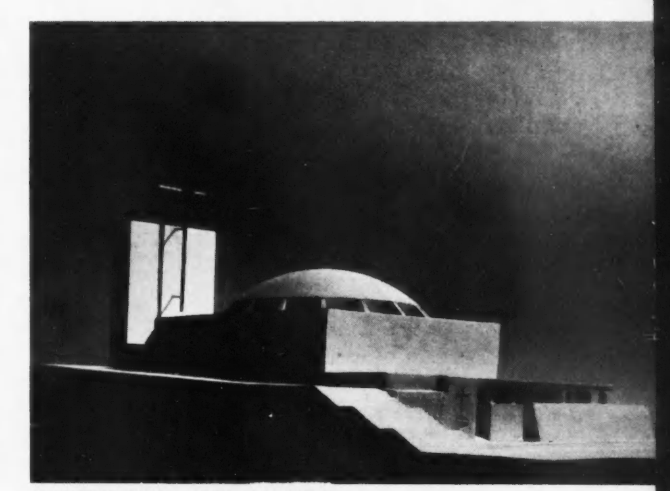
Premier prix : Paul Herbé et Jean Le Couteur ;
Deuxième prix : Alain Bourbonnais ;
Troisième prix : Jean Willerval ;
Quatrième prix : Maurice Thomas et Claude Janvier.



PREMIER PRIX : PAUL HERBE ET JEAN LECOUTEUR

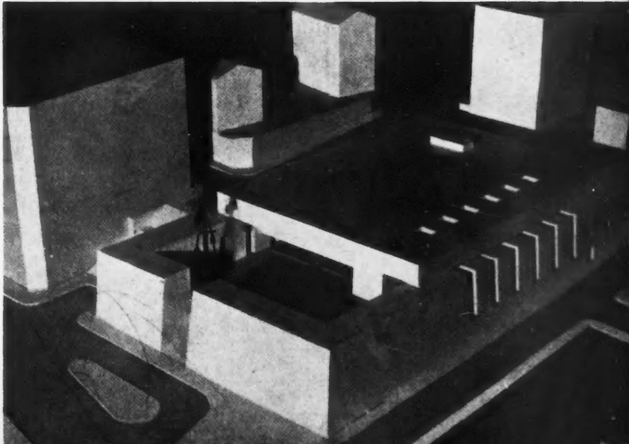


DEUXIEME PRIX : ALAIN BOURBONNAIS

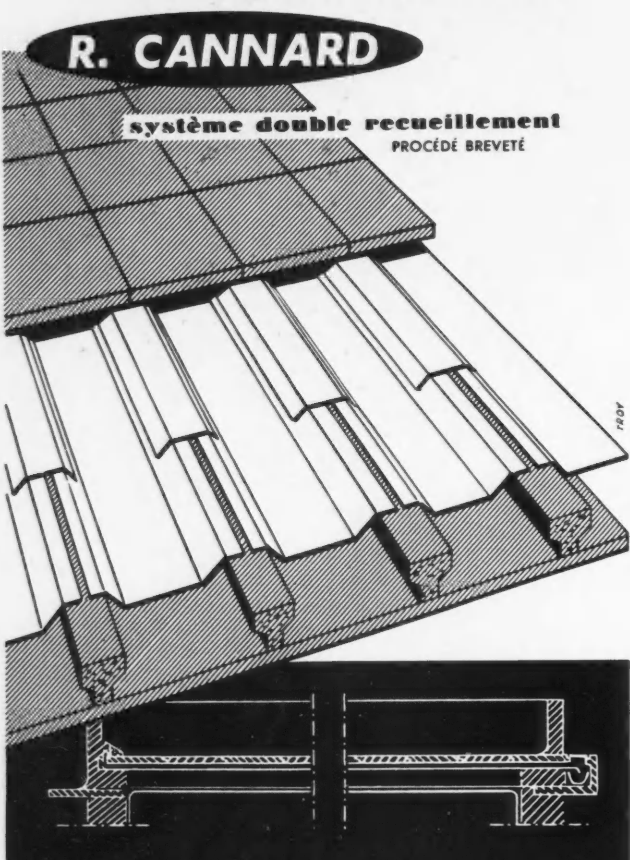


TROISIEME PRIX : JEAN WILLERVAL

QUATRIEME PRIX : MAURICE THOMAS ET CLAUDE JANVIER



TOITURES TERRASSES



ATLANTE 769

- Recueillement extérieur (eaux pluviales) constitué par les dalles béton.
- Recueillement intérieur (infiltration par fissuration, condensation) constitué par un ensemble d'éléments en aluminium sous-jacent.
- Étanchéité parfaite dans le temps.
- Réalisation rapide et économique en toute saison.
- Recueillement non gélif et imputrescible adapté à tout climat et toute température.
- Légèreté, isolation, insonorisation.

LICENCIÉ ET AGENT EXCLUSIF DE VENTE
66, AVENUE MARCEAU, PARIS (8e) - TÉL.: BALzac 54-40

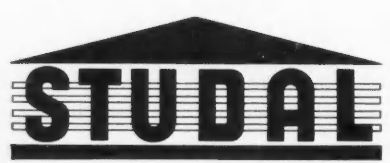


bac autoportant TRIONDAL EN ALUMINIUM

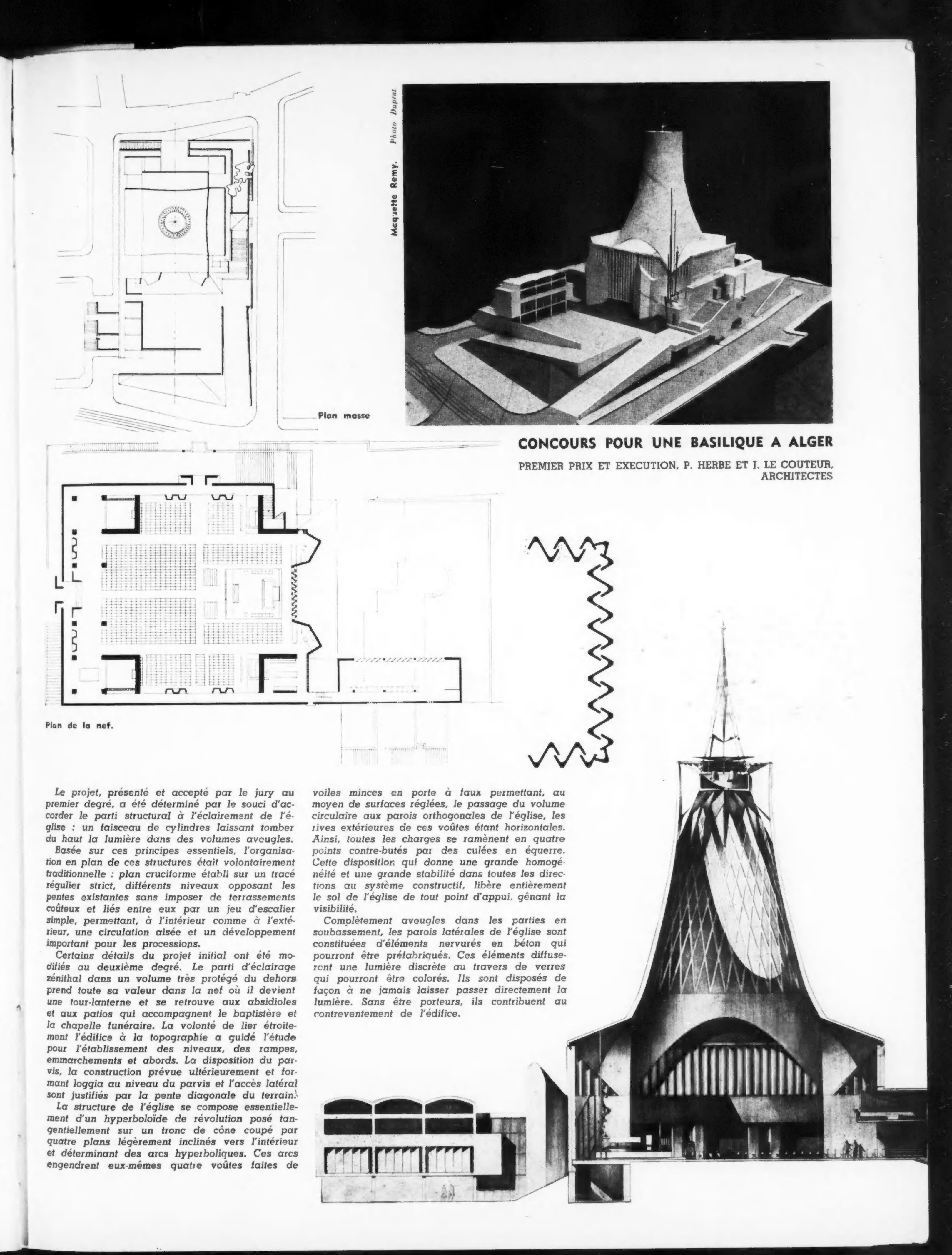


- Élément de couverture de grande longueur permettant de couvrir un versant sans joint transversal.
- La nervure longitudinale assure une plus grande rigidité.
- Étanchéité totale sur de faibles pentes grâce à l'absence de joints transversaux.
- Pose rapide limitée au serrage de quelques tire-fonds.

ATLANTE 833



66, AVENUE MARCEAU PARIS 8e TÉL BAL. 54-40



Plan de la nef.

CONCOURS POUR UNE BASILIQUE A ALGER

PREMIER PRIX ET EXECUTION, P. HERBE ET J. LE COUTEUR, ARCHITECTES

Le projet, présenté et accepté par le jury au premier degré, a été déterminé par le souci d'accorder le parti structural à l'éclairement de l'église : un faisceau de cylindres laissant tomber du haut la lumière dans des volumes aveugles.

Basée sur ces principes essentiels, l'organisation en plan de ces structures était volontairement traditionnelle : plan cruciforme établi sur un tracé régulier strict, différents niveaux opposant les pentes existantes sans imposer de terrassements coûteux et liés entre eux par un jeu d'escalier simple, permettant, à l'intérieur comme à l'extérieur, une circulation aisée et un développement important pour les processions.

Certains détails du projet initial ont été modifiés au deuxième degré. Le parti d'éclairage zénithal dans un volume très protégé du dehors prend toute sa valeur dans la nef où il devient une tour-lanterne et se retrouve aux absidioles et aux patios qui accompagnent le baptistère et la chapelle funéraire. La volonté de lier étroitement l'édifice à la topographie a guidé l'étude pour l'établissement des niveaux, des rampes, emmarchements et abords. La disposition du parvis, la construction prévue ultérieurement et formant loggia au niveau du parvis et l'accès latéral sont justifiés par la pente diagonale du terrain.

La structure de l'église se compose essentiellement d'un hyperboloïde de révolution posé tangentiellement sur un tronc de cône coupé par quatre plans légèrement inclinés vers l'intérieur et déterminant des arcs hyperboliques. Ces arcs engendrent eux-mêmes quatre voûtes faites de voiles minces en porte à faux permettant, au moyen de surfaces réglées, le passage du volume circulaire aux parois orthogonales de l'église, les rives extérieures de ces voûtes étant horizontales. Ainsi, toutes les charges se ramènent en quatre points contre-butés par des culées en équerre. Cette disposition qui donne une grande homogénéité et une grande stabilité dans toutes les directions au système constructif, libère entièrement le sol de l'église de tout point d'appui, gênant la visibilité.

Complètement aveugles dans les parties en soubassement, les parois latérales de l'église sont constituées d'éléments nervurés en béton qui pourront être préfabriqués. Ces éléments diffuseront une lumière discrète au travers de verres qui pourront être colorés. Ils sont disposés de façon à ne jamais laisser passer directement la lumière. Sans être porteurs, ils contribuent au contreventement de l'édifice.

UNE MARQUE DE QUALITÉ

pour les tuyauteries en polyéthylène...



En dehors des propriétés remarquables dues à la matière elle-même, qu'attend l'utilisateur de tuyauteries en polyéthylène? Que ses tubes puissent assurer l'écoulement des différents fluides sous une pression de service déterminée et qu'ils résistent aux surpressions instantanées - ceci tout au long de la vie de la tuyauterie.

Or, les utilisateurs sont, en général, mal armés pour procéder à des vérifications assez délicates sur les qualités réelles d'une matière dont l'aspect extérieur ne peut qu'imparfaitement les renseigner.

Soumettre les conditions de fabrication et d'essais des tuyauteries en polyéthylène à un contrôle extérieur aux fabricants eux-mêmes, est donc apparu comme la meilleure assurance à donner aux utilisateurs.

La solution a été trouvée en appliquant aux tuyaux en polyéthylène le statut de la Marque de Qualité des Matières Plastiques créé en 1941, suivant les nouvelles dispositions de la décision ministérielle du 29 Juin 1955.

Le règlement fixé par la Commission de la Marque de Qualité des tuyaux en polyéthylène (Publication CEMP 1 Avril 1955) précise les conditions d'attribution, de contrôle de la marque, d'apposition du monogramme sur les tuyaux, etc..

L'utilisateur de tuyaux en polyéthylène, portant le monogramme de la marque, a donc les garanties suivantes :

a) Admission du fabricant à la Marque après des essais effectués au laboratoire du Conservatoire National des Arts et Métiers.

b) Organisation chez le producteur, d'un contrôle permanent de sa fabrication comportant des essais de toutes les tuyauteries à la pression, la recherche des tensions internes et des essais systématiques d'éclatement sur échantillons.

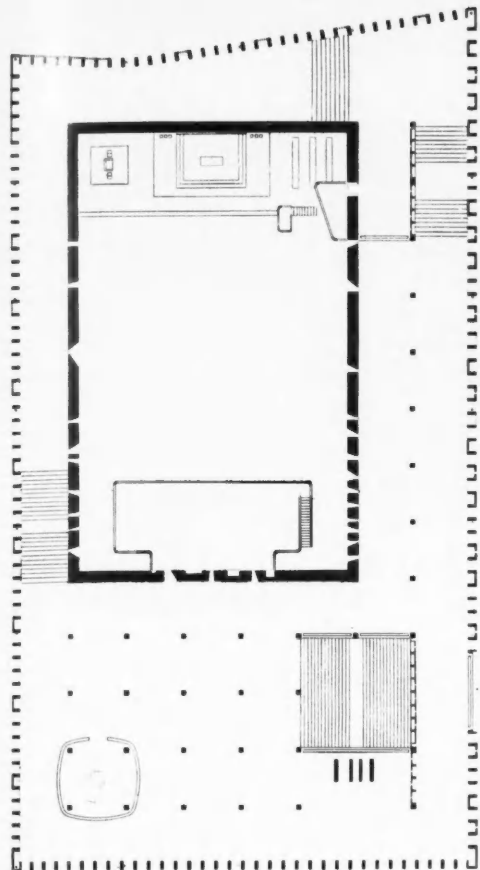
c) La vérification de l'existence et de l'efficacité de ce contrôle par des visites périodiques des Ingénieurs-Contrôleurs du Service de la Marque.

Le monogramme de la Marque de Qualité assure donc à l'utilisateur une qualité constante et reconnue satisfaisante par les techniciens qualifiés réunis au sein de la Commission de la Marque de Qualité.



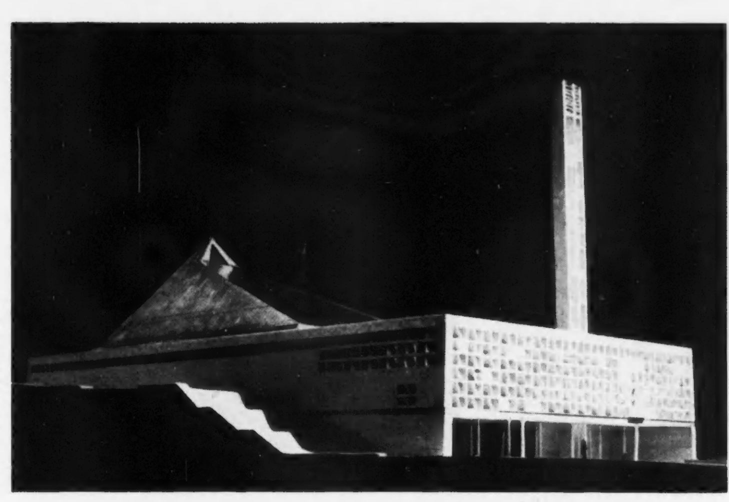
CONCOURS POUR UNE BASILIQUE A ALGER

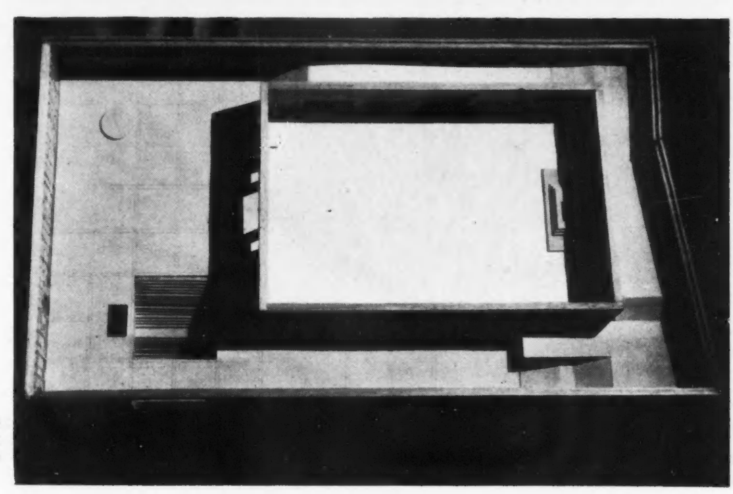
DEUXIEME PRIX : ALAIN BOURBONNAIS, ARCHITECTE.

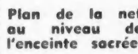


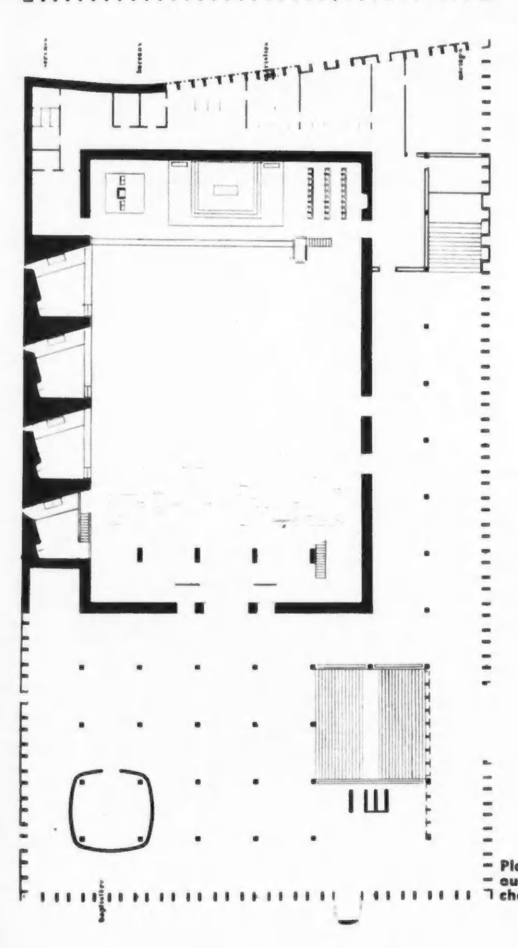
Le projet comporte au niveau du sol, en partie avant du terrain, la station-service imposée pendant quinze ans. Cet emplacement sera réservé au parking des fidèles. Le terrain mesure 72 mètres sur 42.

Plan de la nef au niveau de l'enceinte sacrée.









Plan de la nef au niveau des chapelles.

Le parti architectural reste en tous points semblable à celui qui fut adopté au premier degré du concours : l'ensemble du terrain est traité comme un lieu saint.

La nef, d'un seul volume, domine l'enceinte sacrée. Une ouverture au point le plus élevé éclaire directement l'autel. Une lumière atténuée provient des ouvertures secondaires. L'absence complète de points d'appuis dégage l'autel. Afin de réduire l'effet général de l'éclairage diurne, l'éclairage artificiel est conçu à partir de sources lumineuses non visibles des fidèles, situées à la partie supérieure du mur et, dans le lanterneau. Toutefois, dans le chœur, autour de l'autel, ont été prévus des points lumineux visibles.

Le clocher doit apparaître depuis le port ; il domine l'ensemble. Cet élément a été étudié à l'échelle de la ville.

L'accès latéral reste très proche de la rue Michelet sans toutefois déboucher directement sur cette artère encombrée.

Le parvis surélevé, faiblement éclairé par le jeu des claustras, introduit progressivement le fidèle et le fait passer de la lumière brutale de la rue au recueillement du sanctuaire. Le baptistère renforce le caractère sacré du parvis.

La galerie périphérique constitue un élargissement de la nef jusqu'aux limites extrêmes du terrain et se confond au sud avec le parvis. Elle permet le déroulement des processions et des fêtes tout autour de la nef.

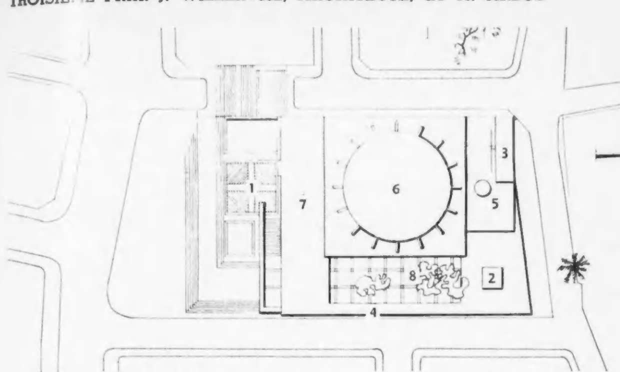
A l'extérieur, l'ensemble est uniformément blanc, sauf la couverture de cuivre vert. A l'intérieur, l'atmosphère est volontairement calme : bleu du plafond, gris de la structure apparente et ocre des marbres et travertins.

L'ensemble du projet aurait pu être réalisé en une seule fois, ceci par crainte d'un provisoire qui risque de durer, par volonté d'offrir, sans attendre, l'ensemble de la basilique aux fidèles et, enfin, par le caractère même d'un tel édifice qui exige une réalisation sans reprise. C'est pourquoi les architectes, dès la première étape du concours, avaient éliminé la servitude qu'imposait la station-service en la couvrant d'un parvis surélevé. A l'étude du projet, il a paru essentiel de conserver cette solution ; elle est parfaitement réalisable après accord avec la B.P., l'opération présentant un intérêt commun.

Sur le plan technique, l'étude géologique montre que les éboulis terreux devront être déblayés (jusqu'au niveau 61,00 environ) pour asseoir l'édifice sur le bon sol, d'où possibilité de poursuivre le parking-garage, jusque sous la nef, cette solution apparaissant économique, et par conséquent rentable. La présence d'un garage au-dessous d'un édifice religieux n'est pas condamné par les décrets de la Congrégation des Rites. Une isolation phonique parfaite aurait pu être assurée au moyen d'un plafond acoustique en sous-sol sous la double dalle, et par des joints de plomb entre les deux structures.

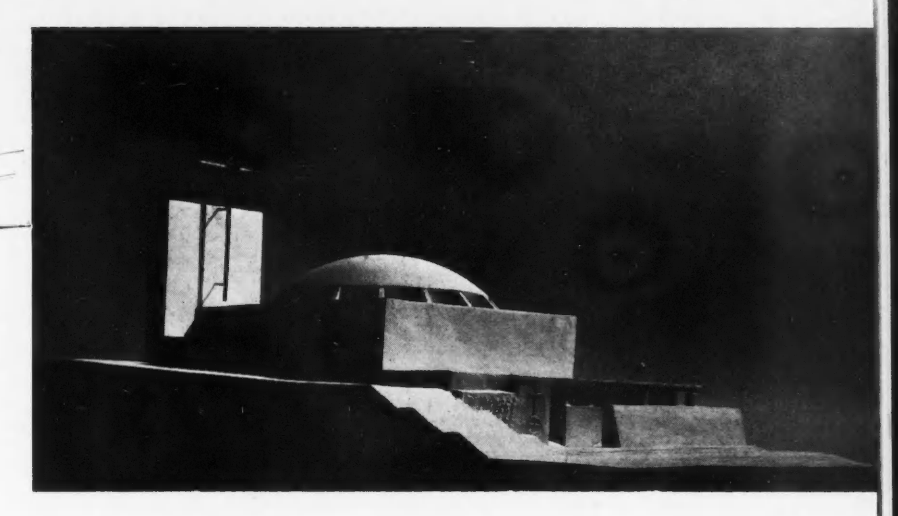
CONCOURS POUR UNE BASILIQUE A ALGER

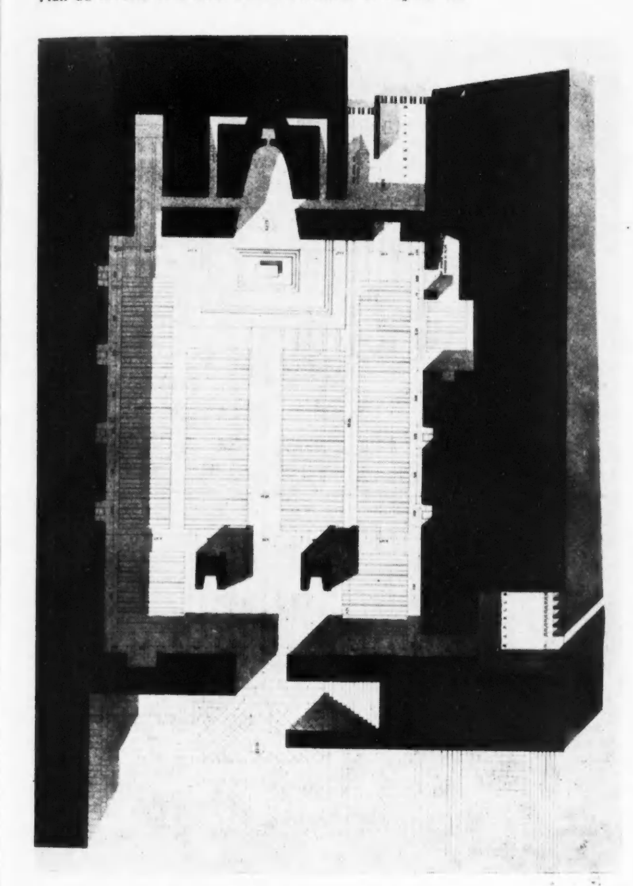
TROISIEME PRIX. J. WILLERVAL, ARCHITECTE, ET A. ARBUS

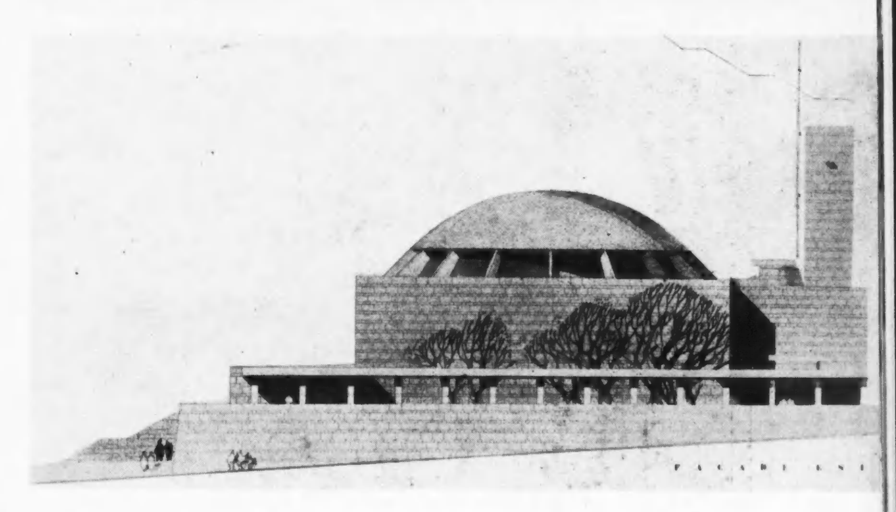


Plan-masse : 1. Parvis réservé pour quinze ans à une station-service. 2. Baptistère sous la dalle du portique. 3. Clocher. 4. Portique. 5. Chœur. 6. Nef. 7. Tribunes.

Plan au niveau inférieur. Vue d'ensemble et façade Est.





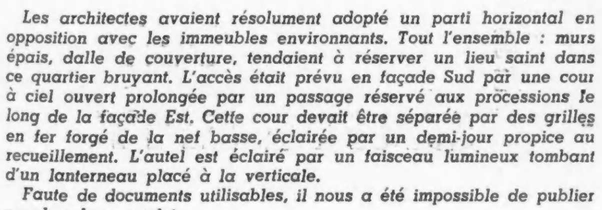


Les considérations d'urbanisme ont été prépondérantes dans le choix du parti. En effet, l'exiguïté du terrain presque entièrement occupé par le volume de l'église et bordé de tous côtés par des immeubles de six étages ont conduit les architectes à enterrer légèrement le niveau du sol et à ne pas faire de la basilique une masse trop volumineuse qui aurait écrasé les immeubles voisins et transformé les rues périphériques en couloirs sombres.

L'architecture proprement dite volontairement dépouillée forme contraste avec le cadre général Napoléon III. Il a été prévu le minimum d'ouvertures extérieures en raison de la lutte contre le bruit, la lumière et la chaleur. D'autre part, un clocher très élevé n'a pas paru souhaitable aux architectes, dans cette ville bâtie toute en hauteur, le souci de l'échelle a été prédominant.

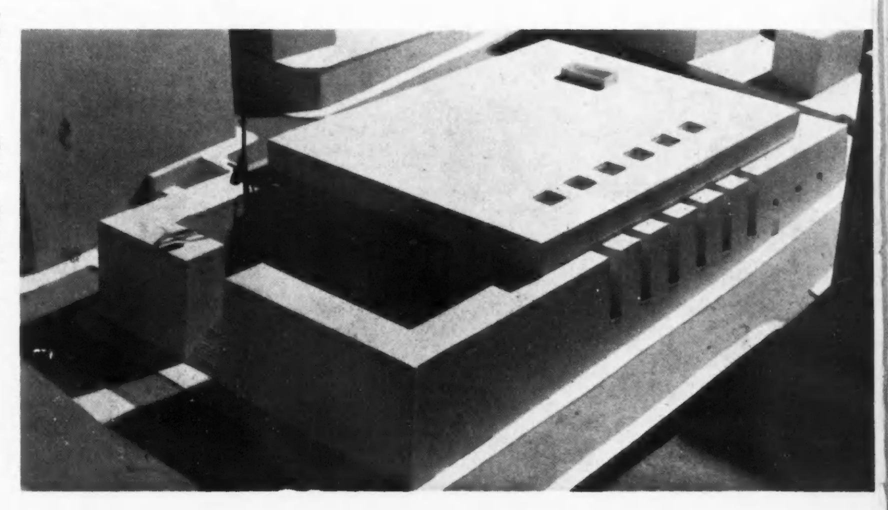
Il n'y a que deux sources de lumière naturelle : l'une, indirecte pour la nef, réfléchie sur une calotte de béton revêtue de mosaïque d'or ; l'autre, directe pour le chœur formant un faisceau lumineux au fond du cube de pierre de la nef.

QUATRIEME PRIX. M. THOMAS ET CL. JANVIER, ARCHITECTES



Les architectes avaient résolument adopté un parti horizontal en opposition avec les immeubles environnants. Tout l'ensemble : murs épais, dalle de couverture, tendaient à réserver un lieu saint dans ce quartier bruyant. L'accès était prévu en façade Sud par une cour à ciel ouvert prolongée par un passage réservé aux processions le long de la façade Est. Cette cour devait être séparée par des grilles en fer forgé de la nef basse, éclairée par un demi-jour propice au recueillement. L'autel est éclairé par un faisceau lumineux tombant d'un lanterneau placé à la verticale.

Faute de documents utilisables, il nous a été impossible de publier un plan de ce projet.




Voilà pourquoi j'aimerais
que mon architecte
"se penche"sur V.60
la nouvelle serrure instantanée
Ce qui frappe d'abord dans V. 60 c'est sa ligne moderne et sobre, son aspect bien fini, avec ses boutons en cuivre.
Et puis.... regardez.... deux doigts et vous ouvrez : on dirait que V. 60 comprend vos moindres gestes.... quelle incroyable douceur de fonctionnement ! Une poussée légère et la porte se ferme sans effort et sans bruit.
Plus besoin de verrou... un geste, et, de l'intérieur, vous bloquez le pêne de sûreté.
Adopter V. 60 c'est montrer à vos clients l'attention que vous portez à vos travaux jusqu'aux moindres détails.
Demandez la plaquette V. 60 Architecte. Elle vous révèlera toutes les autres raisons de son succès aux U.S.A.
19.000.000 de serrures V.60 ont fait leurs preuves
Avant d'être lancée en France la serrure V. 60 équipait 19 millions de portes aux U.S.A. Elles se sont révélées inviolables grâce aux 25.000 variations pour chaque clé. Toutes combinaisons de passe-partout possibles. En France, V. 60 est maintenant livrée en 3 modèles dont les éléments sont rigoureusement interchangeables. Présentation : cuivre poli, cuivre chromé ou mixte.
— Bec de cane sans condamnation,
— Bec de cane à condamnation,
— Serrure de sûreté.
Toutes les serrures V. 60 vont à droite ou à gauche en poussant ou en tirant, sur toutes les portes de 32 à 42 m/m. Et n'importe qui pose V 60 en moitié moins de temps.
VACHETTE
SARGENT
VACHETTE
SARGENT
PROVENTE VA 528



ELEC

Au
sur
du p
voie
Serv
et M
profe
ment
mais
tance
cipal
indus

SOIR

La
prod
d'org
sous
minis
breu
M.
l'Usi
pc té
d'abo
plus
const
prod

SYN

De
const
géné
tructi
natio
de la
Ce
intér
donne
blics
les q
loppe
d'app
publi
vaux

SALO

Oy
tières
forma
dans
ques.
en d
chain

REVU

Le
sieurs
archi
tions
s'adre
des
procé
Tra
res, 2

CREA

Les
meille
tional
précie
du m
Cet
ductri
matio
entier

(1)
publié
à Zur
Freha
l'abon

ELECTRICITE ET G…

Au cours d'une réunion … sur les moyens nouveaux mis à la … du public pour le règlement des quittances … voie bancaire, M. Certeux, directeur général des Services financiers et juridiques du Gaz de France et M. Barbier, délégué général de l'Association professionnelle des Banques, ont pris successivement la parole. La Banque pourra régler désormais pour le compte de l'abonné toutes les quittances d'électricité et de gaz, du domicile principal, des résidences secondaires et des affaires industrielles, commerciales et agricoles.

SOIREE ORGANISEE PAR LA SOCIETE LINEX

La Société Linex, qui fut en France le premier producteur des panneaux en fibres de lin, vient d'organiser le 4 février dernier, à l'hôtel Lutetia, sous la présidence de M. Paul Reynaud, ancien ministre, un banquet auquel assistaient de nombreux hauts fonctionnaires et techniciens.

M. A. de Vitte, président directeur général de l'Usine Linex, à Laume, a exposé le succès remporté par les panneaux « Linex » en Belgique d'abord, puis dans tous les pays du Bénélux et, plus récemment en France, où l'usine de Killem, construite il y a à peine deux ans, atteint une production annuelle d'un million de m².

SYNDICAT DE LA PRESSE TECHNIQUE

Devant l'importance des problèmes que pose la construction sur le plan social et économique en général, des revues professionnelles de la construction ont pris l'initiative de créer « le Syndicat national de la Presse technique et professionnelle de la Construction et des Travaux publics ».

Ce Syndicat a pour buts : de mieux défendre les intérêts professionnels qu'il représente ; de coordonner et suivre auprès des grands services publics et de toutes les industries du bâtiment, toutes les questions susceptibles de favoriser le développement de la construction en France ; enfin, d'apporter son concours aux divers organismes publics et privés s'occupant des questions de travaux publics, de construction et d'urbanisme.

SALON DES PLASTIQUES A OYONNAX

Oyonnax constitue le centre européen des matières plastiques ; plus de 600 industriels transformateurs y sont installés. Chaque année, a lieu dans cette ville le Salon international des Plastiques. Il s'y déroulera du 19 au 24 avril. Nous en donnerons un compte rendu dans notre prochain numéro.

REVUE « TRAVAUX DE PEINTURE »

Le dernier numéro de cette Revue contient plusieurs études intéressantes sur la polychromie architecturale et contribue à modifier les conceptions traditionnelles des peintres en bâtiment. Elle s'adresse aux entrepreneurs et contient en outre des renseignements précieux sur de nouveaux procédés et appareils.

Travaux de Peinture : Ed. Presses Documentaires, 28, rue Saint-Dominique, à Paris.

CREATION DE LA REVUE AMIANTE-CIMENT

Les professionnels du bâtiment réserveront le meilleur accueil à la nouvelle « Revue Internationale d'Amiante-Ciment » (1) qui rassemble une précieuse documentation sur toutes les applications du matériau amiante-ciment.

Cette revue n'est au service d'aucune firme productrice mais son but est de vulgariser les informations qui lui parviennent des usines du monde entier.

(1) La *Revue Internationale d'Amiante-Ciment* est publiée tous les trois mois par les Editions Girsberger, à Zurich, dont le correspondant à Paris est Vincent Frehal et Cie, 4, rue des Beaux-Arts (6e). Prix de l'abonnement (4 numéros) : 1.000 francs.



Photo J. Versuel

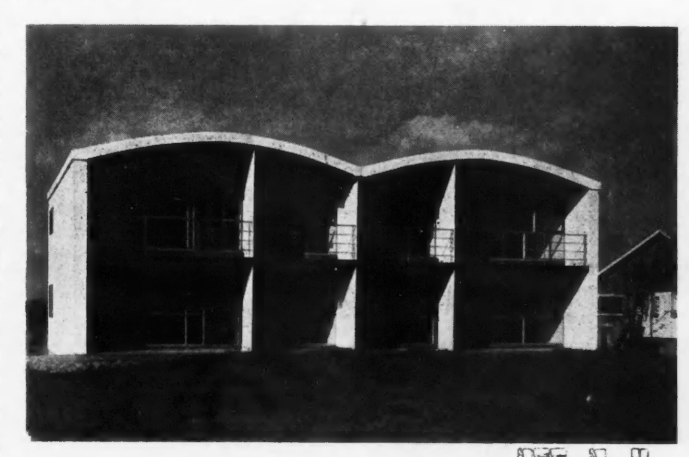
Cette habitation, à un seul niveau, comporte essentiellement un vaste séjour ouvrant sur le jardin avec coin de repas et cuisine. Chambres et salle de bains à l'angle opposé du bâtiment.

HABITATIONS EN FUSEES CERAMIQUES A WATERLOO, BELGIQUE

J. KROLL ET C. VANDENHOVE, ARCHITECTES

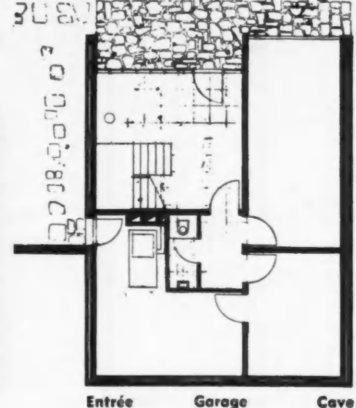
L'entrée et le garage se trouvent en contre-bas de la rue, ce qui permet un hall d'entrée d'assez grandes proportions. Le jardin a deux niveaux d'habitation est de plain-pied avec le jardin arrière.

Tous les hourdis ont été réalisés en voûtes de fusées céramiques. Les tirants ont été incorporés à la voûte, sauf pour la couverture, où ils sont noyés dans les murs et cloisons sous la voûte. Cette construction est une des premières réalisations en Fusées Céramiques en Belgique. Chauffage par air chaud pulsé.



facade Sud

Rez-de-chaussée — Etage



Entrée — Garage — Cave

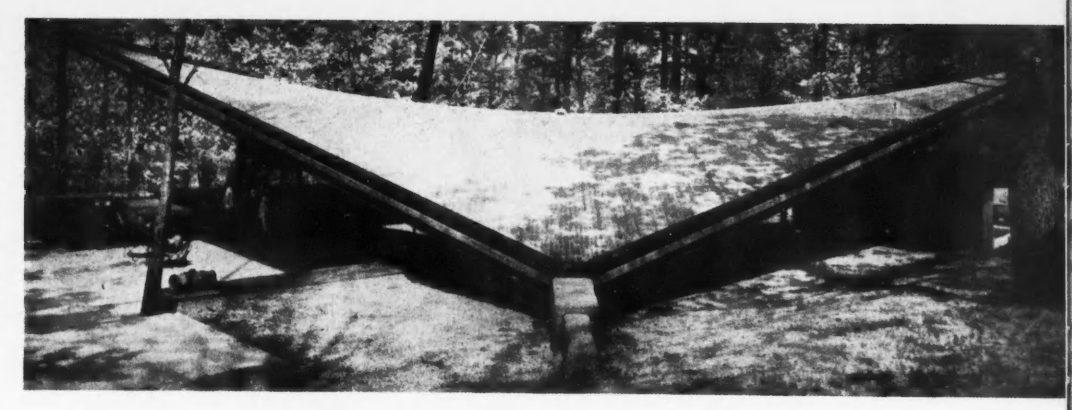
Les recherches de E.F. Catalano, professeur à l'Université de Raleigh, sur les « structures-espaces » tridimensionnelles, présentent un très grand intérêt et réalisent cette unité architecture-structure vers laquelle tend de plus en plus l'architecture du XXe siècle. Nous avions publié, dans notre numéro 50-51, un article de E.F. Catalano ainsi que des projets d'étudiants réalisés sous sa direction. Nous espérions pouvoir présenter dans ce numéro une étude plus complète sur ses recherches mais la préparation d'un ouvrage à paraître prochainement sur ce sujet l'a empêché de nous apporter sa collaboration.

Nous tenons cependant à présenter ci-contre l'habitation en bois sur cadre métallique qu'il vient de réaliser pour lui-même en application du principe de la couverture en selle à double courbure dérivé des paraboloïdes hyperboliques (v. p. 41 et 43).

La membrane de la couverture a été réalisée par trois couches de planches assemblées par clouage, les couches inférieure et supérieure étant posées dans la direction des efforts de compression et celle du milieu dans la direction des efforts de tension.

Les efforts périmétriques sont pris en charge par le cadre métallique dont les deux pointes inférieures reposent, par l'intermédiaire de charnières soudées sur les butées en béton, l'effort d'écartement étant annulé par trois câbles noyés dans le sol et contraints après mise en charge.

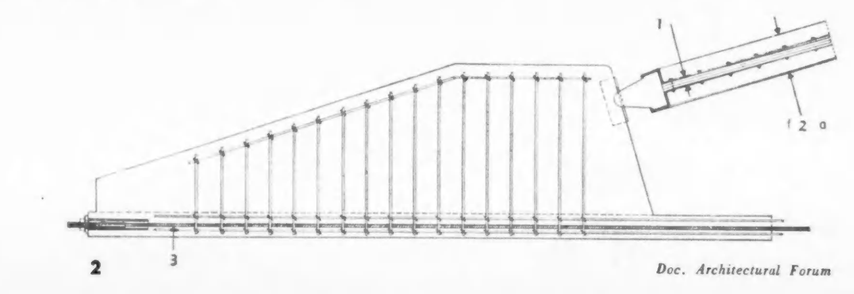
1. Vue générale de l'habitation. La couverture laisse entièrement libre l'espace intérieur. 2. Détail de la butée montrant les câbles de tension et la charnière : 1. Trois épaisseurs de planches. 2. Cadre acier. 3. Câbles de tension. 3. Élévation de 18 paraboloïdes hyperboliques montrant les possibilités d'assemblage offertes en même temps que la légèreté des formes obtenues.



1

STRUCTURE EN « SELLE » POUR UNE HABITATION, ETATS-UNIS

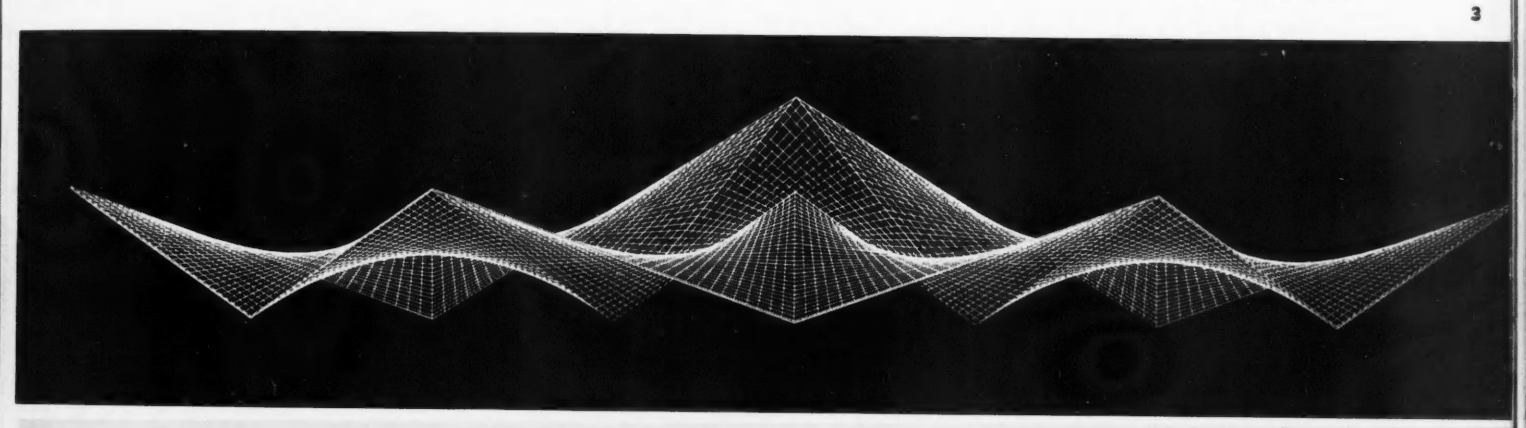
E.F. CATALANO, ARCHITECTE



2

Doc. Architectural Forum

3



PROJET POUR LE MARCHE AUX FLEURS DE PARIS

ALAIN BOURBONNAIS, ARCHITECTE

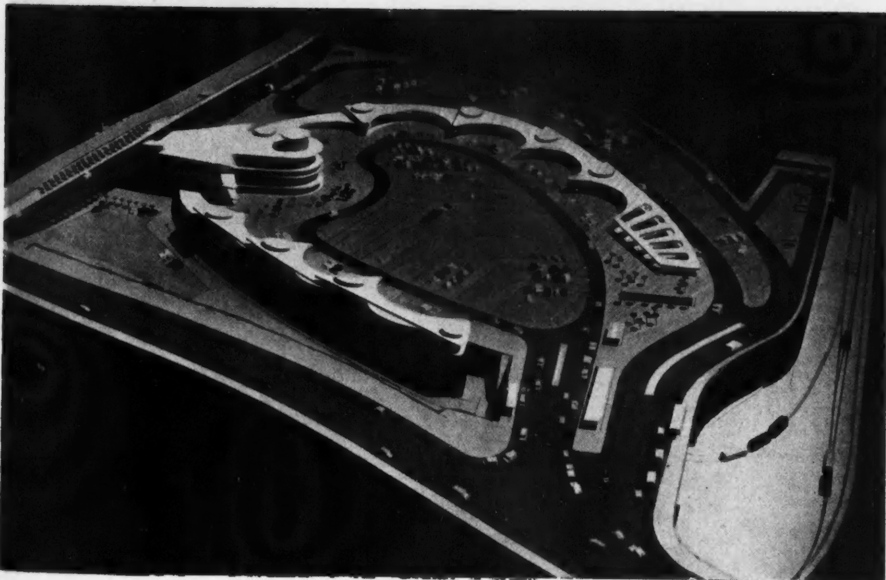
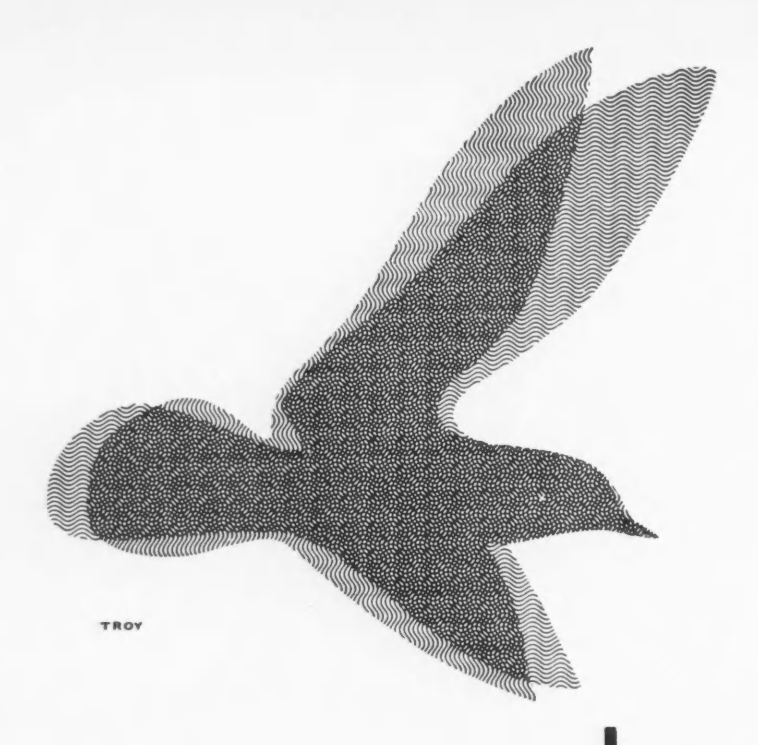


Photo Biaugeaud

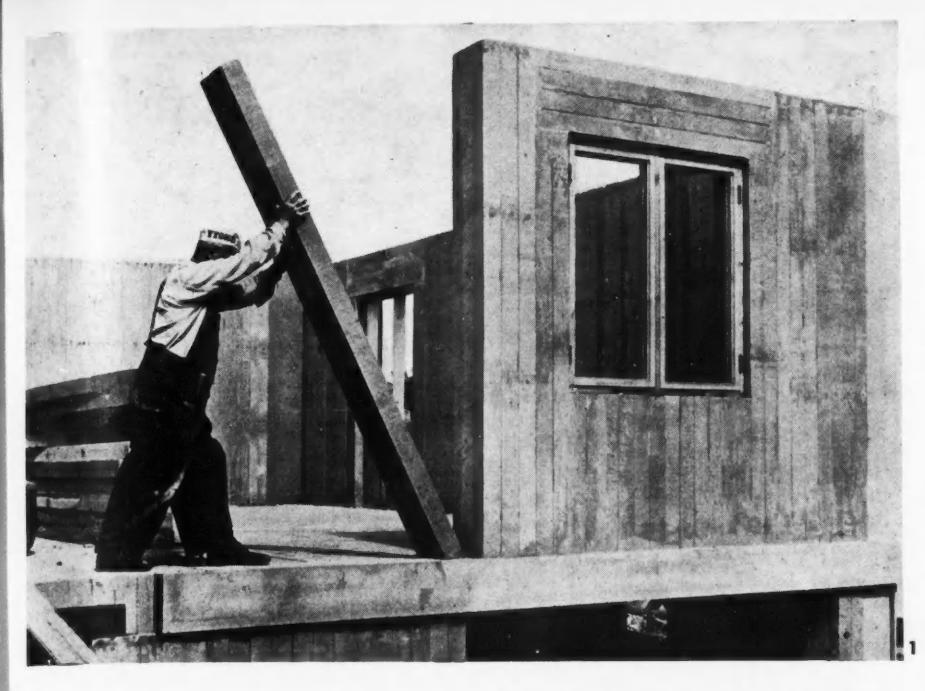
Le Marché aux Fleurs de la région parisienne a lieu actuellement tous les soirs aux halles centrales, de 18 à 20 heures. Ce marché en gros est certainement l'un des plus défavorisés, les fleuristes et horticulteurs ne disposant d'aucune installation permanente. Le marché de fleurs coupées a lieu dans des galeries de circulation entre les pavillons, tandis que celui des plantes, arbres et feuillages, a lieu en plein air dans les rues avoisinantes. L'éloignement des gares de Lyon et d'Austerlitz complique l'approvisionnement du marché actuel.

Il est prévu d'installer le nouveau marché aux fleurs dans la zone industrielle Sud-Est de la ville de Paris, sur un terrain de quatre hectares, longeant la Seine avec un accès principal sur le boulevard Masséna, une voie ferrée se raccordant directement aux réseaux Orléans et Lyon. Le parti architectural est déterminé par la position des voies d'accès ; l'ensemble est formé par une grande boucle ouverte à l'Ouest sur le boulevard Masséna, où se rejoignent les deux réseaux principaux de distribution routiers : l'un au centre pour les acheteurs, et l'autre au Sud de la boucle et à l'extérieur pour les vendeurs.

Au Nord de la boucle, l'arrivage S.N.C.F. des fleurs du midi de la France. La boucle longeant la voie ferrée est réservée aux mandataires en fleurs coupées, la partie Sud aux horticulteurs de la région parisienne. Un Centre administratif avec services de comptabilité, ventes, salles d'exposition, restaurants et cafés, fera la jonction des éléments précédents et dominera l'ensemble.


TROY

PROCEDES DE CONSTRUCTION YTONG, SUEDE



1. Une barre de béton léger Ytong de la hauteur d'un étage pèse moins de 50 kg. Elle est assez légère pour qu'un seul homme puisse la transporter. Les échafaudages ne sont pas nécessaires. 2. Pour les planchers, on emploie des barres comparables aux autres, mais constituées par un béton plus dense et armé. La pose se fait sur champ et les éléments sont collés et cloués. 3. Vue prise de l'intérieur d'un bâtiment en cours de montage. Noter le défoncement réalisé dans l'allège par l'emploi d'éléments de plus faible largeur. 4. Une fois la colle prise, on cloue les barres Ytong en trois points. 5. Principe de la maçonnerie collée et clouée.

A l'Exposition « H. 55 », à Halsinborg, une société suédoise avait présenté une méthode de construction nouvelle dans laquelle les murs et les planchers sont réalisés avec des éléments semblables, appelés « éléments de paroi Ytong ».

Ceux-ci dérivent de l'Ytong, béton léger bien connu. Au lieu de maçonner des blocs au mortier, les éléments de parois Ytong sont simplement collés et cloués et permettent de réaliser ainsi des murs et des planchers parfaitement assemblés.

Le principal avantage est l'élimination totale du mortier, du plâtre et du ciment. La main-d'œuvre et la durée du travail sont fortement réduits, l'assèchement des constructions avant qu'elles soient habitables est supprimé. De simples madriers suffisent à guider la mise en place des éléments de paroi.

Il existe trois types d'éléments de paroi pour tous les murs et planchers. Les éléments Ytong pour murs sont fournis avec des sections de 10 sur 20 ou de 10 sur 30 cm. Leur longueur varie selon la hauteur d'étage. Des éléments de même longueur s'emploient pour les murs extérieurs et intérieurs. Les éléments pour planchers ont l'épaisseur normalisée de 10 cm, mais n'ont que 25 cm de large. Les dimensions des éléments s'intègrent dans le système du module de 10 cm sans avoir à tenir compte de l'épaisseur des joints.

Les murs extérieurs sont composés d'éléments Ytong posés verticalement l'un contre l'autre. Les baies de portes et de fenêtres s'obtiennent avec des éléments de même section que les autres, mais plus courts.

Au-dessus de ces baies, on place horizontalement, comme linteaux, trois éléments, et on continue la pose des éléments verticaux d'une hauteur d'étage. Le châssis de fenêtre s'insère alors dans l'ouverture.

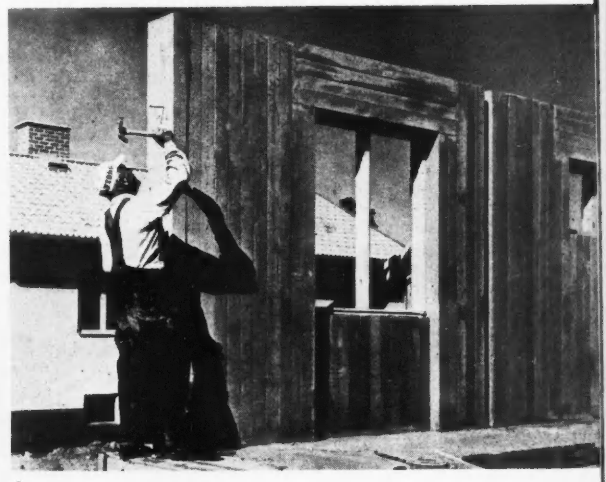
Les planchers et plafonds sont construits comme les murs, en juxtaposant les éléments utilisés, cette fois, comme solives. Il est nécessaire de prévoir, à leurs extrémités reposant sur les murs extérieurs, un élément horizontal posé de champ et destiné à protéger les armatures contre les intempéries.

Les murs intérieurs s'obtiennent en plaçant les éléments Ytong bord à bord, d'où une épaisseur de 10 cm. On se sert, à volonté, d'éléments de 30 ou de 20 cm, selon la longueur à couvrir. Pour solidariser murs intérieurs et extérieurs, on prévoit dans les murs extérieurs un élément de 10 sur 20 cm, qui forme rainure, dans laquelle le mur intérieur vient s'insérer.

La surface des parois est suffisamment lisse pour rendre inutile les enduits ou plafonnages. Dès que les murs intérieurs ont été montés, ils sont, si nécessaire, rognés au mastic et peuvent aussitôt être peints ou tapissés. La face extérieure des murs peut éventuellement recevoir un enduit léger, appliqué au pistolet.



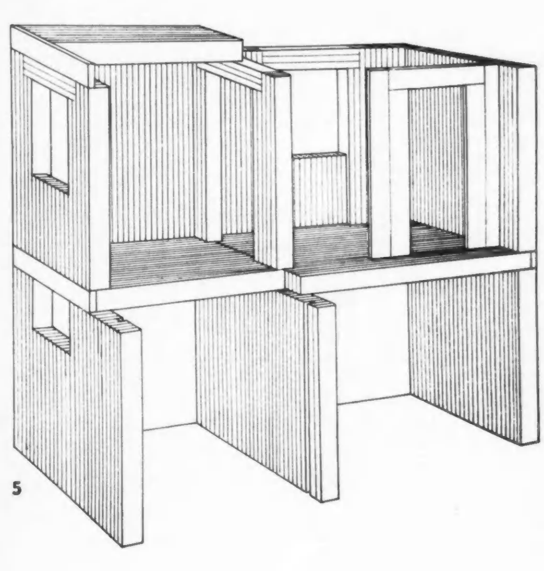
2



4



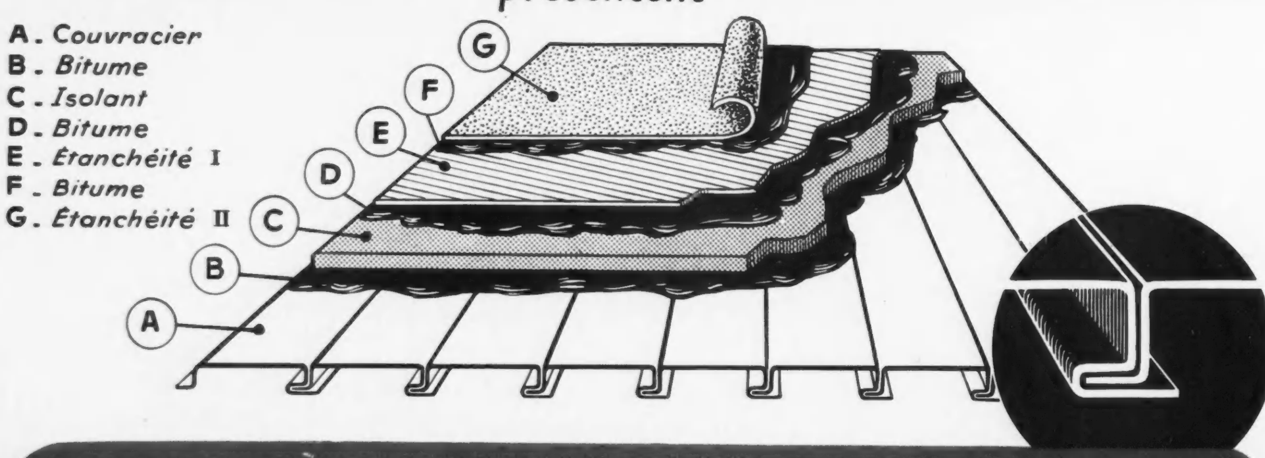
3



5

PROFILAFROID — **SAMTOR PAIX & Cie**

présentent



LA COUVERTURE "COUVRACIER"



La couverture COUVRACIER se compose de trois éléments :

1° - la forme-support en tôles d'acier profilées et galvanisées, production de la Société Profilafroid;

2° - l'isolation thermique;

3° - l'étanchéité multicouche réalisée avec les produits et suivant les méthodes de la Société Samtor Paix et Cie.

LA FORME-SUPPORT. - Chaque élément de tôle d'acier profilée comporte une partie mâle et une partie femelle. Donc assemblage rationnel et sûr, éliminant tout risque de déboîtage.

La fixation peut être effectuée sur appui de toute matière avec vis, boulons, clips, etc... mais sur appui métallique, la fixation se fait par soudure.

L'ISOLATION THERMIQUE. - L'isolation thermique est obtenue par des panneaux de matières fibreuses, fixés sur la forme-support par une couche de bitume spécial coulé à chaud. L'épaisseur des panneaux est variable suivant le dégré d'isolation recherché.

L'ÉTANCHÉITÉ MULTICOUCHE. - L'étanchéité est strictement conforme aux normes des bureaux Véritas et Sécuritas. Elle est couverte au point de vue de la garantie décennale et du risque de non-étanchéité par les compagnies d'assurances.

LÉGÈRETÉ - RÉSISTANCE - IMPUTRESCIBILITÉ - INCOMBUSTIBILITÉ - DURABILITÉ

DOCUMENTATION, ÉTUDES ET DEVIS

Les Entreprises spécialistes de la Couverture "COUVRACIER" sont à votre disposition pour vous documenter sans engagement pour vous.

TOCOVER	QUIGNON	FROMENT
21, r. Doudeauville	51-53, route de Genas	52, cours de Verdun
PARIS (18e)	LYON-VILLEURBANNE (Rhône)	BORDEAUX (Gironde)
Tél. : ORNano 26-97 et 26-98	Tél. : Villeurbanne 61-85 et 88-13	Tél. : Bordeaux 883-66
LILLE - NANCY - DIJON TOURS - RENNES	St-ETIENNE-GRENOBLE-MARSEILLE CLERMONT-FERRAND	LIMOGES - TOULOUSE BAYONNE - LA ROCHELLE

SYSTEME DE CONSTRUCTION EN BOIS, GRANDE-BRETAGNE

Ce système de construction utilisant exclusivement le bois a été étudié avec la collaboration du ministère de l'Education Nationale anglais.

Il est très répandu en Grande-Bretagne pour la réalisation de groupes scolaires.

Le système comporte essentiellement une ossature en portiques standard établie sur une grille modulée de 6' (1,80 m) au carré comportant potelets composites en façades et poutres caissons en bois et contreplaqué enjambant toute la profondeur du bâtiment et d'une portée maximum de 38' (11,60 m). Les bois de structure sont en sapin du Nord.

Les façades sont réalisées avec des panneaux comprenant un revêtement extérieur « sapele » en frises avec vernis spécial. Cette paroi est doublée par des panneaux du type sandwich.

Couverture par étanchéité multicouche sur voligeage jointif. Les cloisons intérieures sont en châssis armaturés bois avec revêtement par panneaux placoplâtre.

Soulignons que ce système de construction n'impose aucune servitude de composition et permet la réalisation de n'importe quel plan sur la grille modulaire. Le système s'est avéré économique, d'un montage facile et d'un aspect architectural agréable. Des constructions à un étage sont couramment réalisées.

1. Exemple d'une école réalisée par le système Derwent : Ecole primaire à Birley Spa. J. Dudding et associés, architectes. F. Hamer Crossley, architecte collaborateur. 2. La construction comporte l'établissement d'une dalle en maçonnerie sur laquelle est boulonnée une semelle périmétrique réglant le montage. 3. Vue du montage. On distingue les potelets extérieurs et la poutre caisson d'une étonnante minceur en regard de la portée (11,60 m.).

A. SCHEMA DE CONSTRUCTION :

1. Dalle béton. 2. Sablière basse. 3. Poteau d'angle. 4. Poutre caisson en contreplaqué. Portée maximum 38' (11,60 m.). 5. Panneau plein standard. 6. Frise Sapele. 7. Cloison intérieure. Armature bois et placoplâtre. 8. Charpente couverture. 9. Panneau de couverture standard. 10. Voligeage. 11. Soffitte contreplaqué.

B. Vue isométrique montrant la disposition générale d'une ossature standard appliquée à un plan-masse très articulé pour une école de six classes :
1 à 6. Classes. 7. Chaufferie. 8. Cuisine. 9. Réfectoire. 10. Salle de conférences.



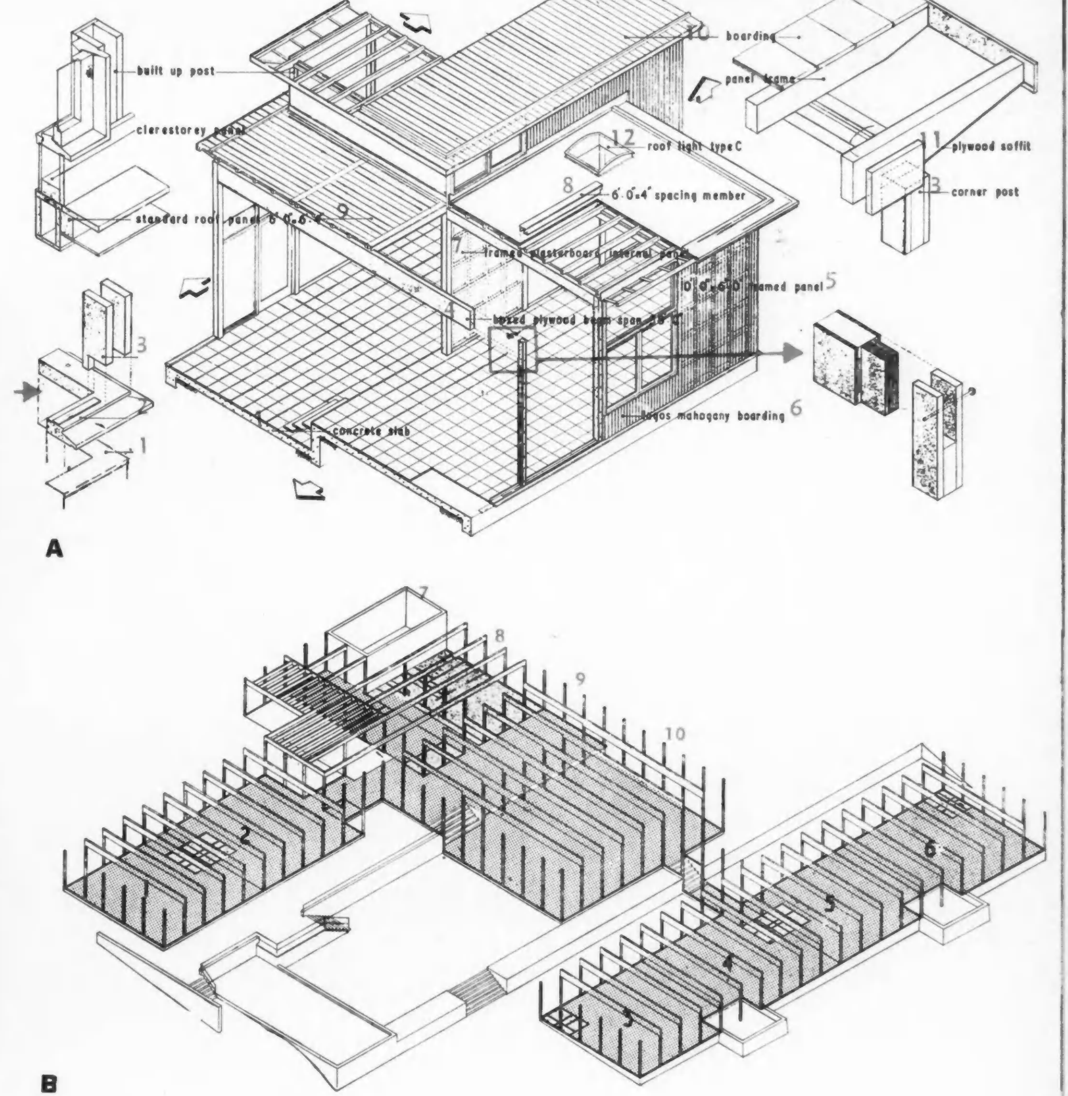
1



2



3



A

B

GYMNASE A SCHENECTADY, ETATS-UNIS

MAC KIM, MEAD ET WHITE, ARCHITECTES
SEVERUD, ELSTAD, KRUGER, INGENIEURS

Les charpentes en bois lamellé collé sont souvent utilisées aux Etats-Unis, notamment pour la couverture de grands gymnases universitaires.

La plus grande portée obtenue jusqu'à présent est de 201' (61,20 m environ) pour le Collège Montana à Missoula.

Celui que nous présentons ci-contre, édifié pour l'Union College de Schenectady, a une portée de 196' (59,70 m). La charpente est composée de neuf arcs comprenant chacun trois sections assemblées par des pièces métalliques boulonnées. La section des arcs est de 11" × 40" (28 cm × 1 m). Leur espacement est de 25' 5" (7,75 m). Ils sont posés sur des rotules en acier ancrées dans des dés de fondation avec tirants noyés dans le sol.

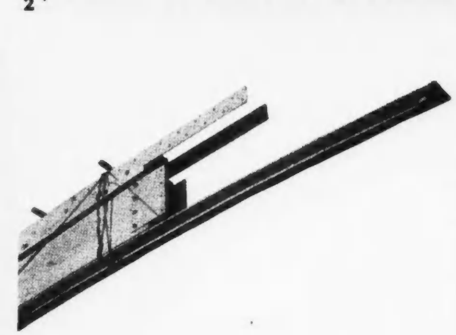
Le montage a été exécuté en dix semaines par une équipe de douze hommes et avec une grue. Les pièces latérales pèsent quatre tonnes. Elles ont été supportées pendant le montage par des échafaudages tubulaires montés sur roues.



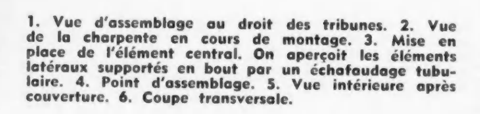
2



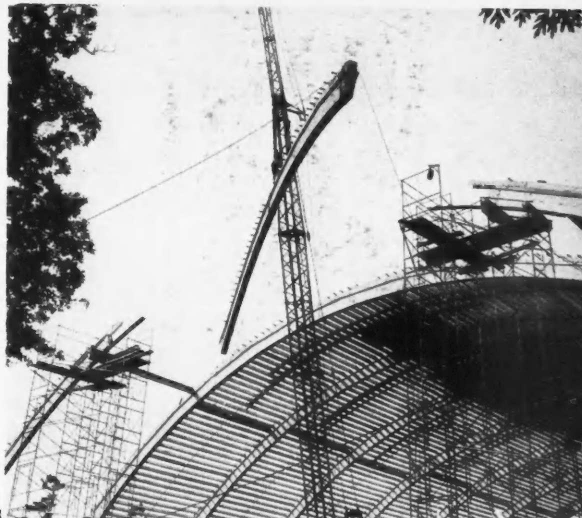
1



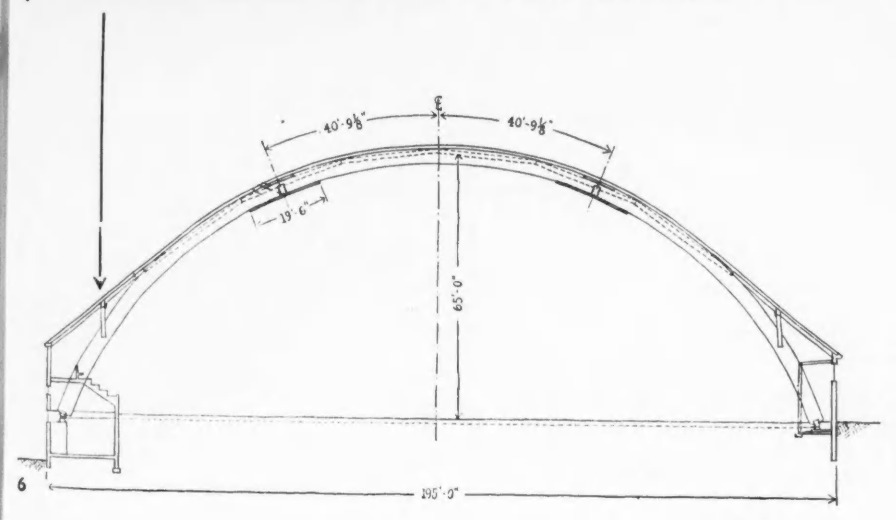
4



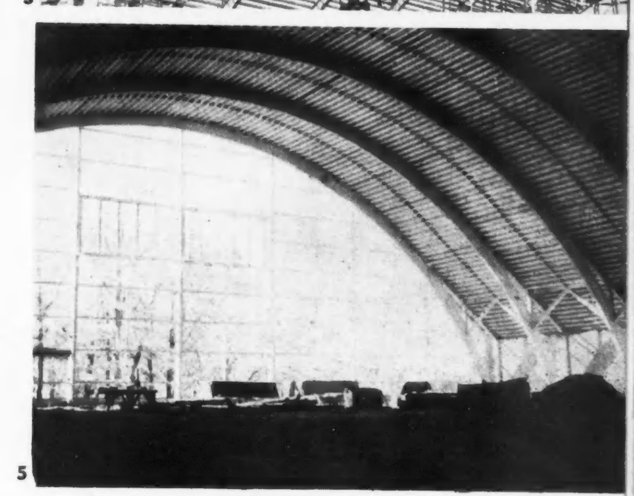
1. Vue d'assemblage au droit des tribunes. 2. Vue de la charpente en cours de montage. 3. Mise en place de l'élément central. On aperçoit les éléments latéraux supportés en bout par un échafaudage tubulaire. 4. Point d'assemblage. 5. Vue intérieure après couverture. 6. Coupe transversale.



3



6



5

CENTRE D'INFORMATION DE L'ETAIN

Une conférence de presse a été tenue à l'occasion de l'Exposition « L'Etain d'aujourd'hui » à la Maison des Centraux. M. Dehais, directeur de cet organisme, a présenté l'exposition concernant, entre autre, l'orfèvrerie d'étain, pour laquelle se manifeste un renouveau d'intérêt.

VOYAGE AU DANEMARK ET EN SUEDE

Ce voyage est organisé, pour des architectes français, par le ministère de l'Habitat du Danemark, la Fédération des Architectes et l'Institut danois de Lyon. Ce voyage aura lieu dans quelques jours, du 22 au 30 mai. Il comprend la visite de Copenhague, d'Aalborg, d'Aarhus, avec étude sur place des réalisations les plus récentes : Bellahoj, Soborg, etc. Trois jours en Suède permettront de visiter Stockholm, la nouvelle cité de Vällingby, Gothembourg, etc. Tous renseignements aux Services Culturels danois, Institut Danois, 36, avenue du Maréchal-Foch, à Lyon (Rhône).

FOIRE DE PARIS 1956 : 5-21 MAI

Des modifications viennent d'être apportées au Parc des Expositions de la Porte de Versailles ; de nouveaux corps de bâtiments permettent d'obtenir une surface utilisable supplémentaire de 10.000 m². Ainsi, le nombre des participants de la Foire de Paris a pu être porté cette année de 12.700 à 12.900. L'aspect général de ce parc sera d'ailleurs prochainement transformé par l'édification d'un vaste hall de 22 m de hauteur qui, avec les constructions environnantes, représentera une surface globale de 50.000 m².

ERRATA LE HAVRE, PORTE OCEANE

Nous avons publié, dans notre numéro 63, en page 92, une photographie de la reconstruction du Havre, Porte Océane. Par suite d'une erreur d'impression dont nous nous excusons, la légende de cette photo n'a pas été mentionnée.

Nous tenons à préciser que les architectes, chefs de groupe auteurs du projet, sont : Partie Nord, Jacques Poirrier ; Partie Sud : André Hermant.

CENTRE COMMERCIAL ASHKELON

Dans ce même numéro, page XXIII, prière de lire : Jack Barnett, architecte, en collaboration avec D. Karmi et Associés.

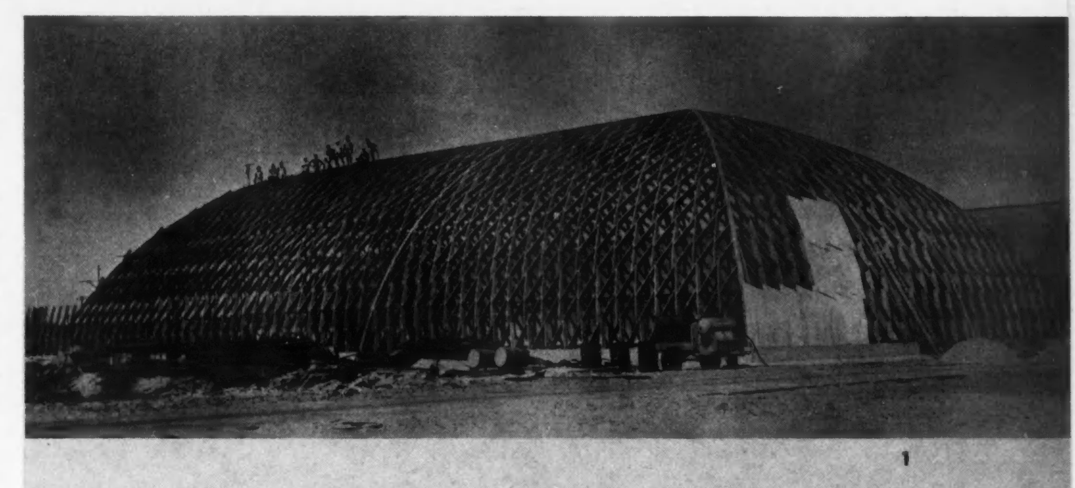
FILM DOCUMENTAIRE

La Compagnie Pechiney a fait réaliser sur les utilisations du chlorure de vinyle rigide dans les canalisations un film intitulé « Le Pipe-Line du Vin ».

Cie Pechiney, 23, rue Balzac, Paris (8e). Service des Relations extérieures.

PETITE ANNONCE

Agence Ecochard-Thurnauer-Riboulet, 55, Bd du Montparnasse, Paris (Littré 37.86), recherche architecte parlant anglais pour exécution nouvelle Université de Karachi. Contrat deux ans. Ecrire ou se présenter.



1



2

CHARPENTE EN LAMELLES

MAGASIN DE STOCKAGE A PORT-GENTIL

S. ET L. HARTMANN, CONSEILLERS TECHNIQUES

Le système de construction par éléments courts assemblés par boulonnage a déjà reçu de nombreuses applications.

Nous présentons ci-contre un hangar réalisé à Port-Gentil pour la Compagnie Française du Gabon utilisant une essence locale, l'Azobé. La charpente est formée par un réseau de lamelles formant voûte à trois articulations.

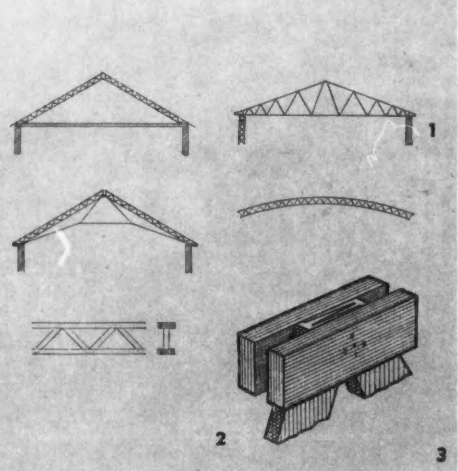
Longueur : 100 m. Portée : 24,70 m. Flèche : 10,60 m.

1. Vue extérieure. 2. Vue intérieure.

CHARPENTES TRIANGULEES

Nous présentons ci-contre un exemple de charpente en bois triangulée : il s'agit d'une charpente en treillis collé D.S.B.

De telles réalisations utilisant obligatoirement des bois très secs ont été rendues possible par la résistance des colles de résine synthétiques. Les étrésillons inclinés s'assemblent à tenon et mortaise dans les membrures de faible section. Il est possible de réaliser ainsi des poutres très rigides avec un moment d'inertie élevé. Les membrures d'une charpente D.S.B. présentent une section d'au moins un petit chevron, ce qui facilite le clouage et les joints du lattis de couverture et permet de recevoir sans danger les pointes de plus gros diamètre pour la fixation des pannes nécessaires à la pose des plaques en amiante-ciment ondulé.



1

2



3

1. Schémas des différents types de charpente. 2. Détail d'assemblage. 3. Exemple de charpente D.S.B. réalisée pour une usine. L. Hartmann, conseiller technique.

La couverture de la tribune principale du stade de San Mamès à Bilbao est réalisée par une construction métallique entièrement soudée. Ossature portante formée de bowstrings de 115 m. de portée, supportant une toiture plane rectangulaire de 115 m 5 × 28 m. On a utilisé exclusivement l'assemblage par soudure, les éléments principaux étant en caissons de tôle pour les arcs, tirants et contreventements, et en section double T pour les poutres de la toiture. La couverture proprement dite est un tablier plan incliné vers la façade. Elle est constituée de poutres continues qui, partant de la façade, enjambent une première portée de 14 m. puis s'appuyant sur les tirants des arcs franchissent une seconde portée de 6,60 m., et se terminent vers le stade par un porte-à-faux de 7 m. 40.

Les arcs de 115 m. de portée sont les éléments fondamentaux de la couverture. Ils sont contreventés entre eux par paire au moyen de croix de Saint-André et sont distants de 6,60 m. entre plans axiaux ; ce sont des arcs bowstrings appuyés à une extrémité par une articulation fixe

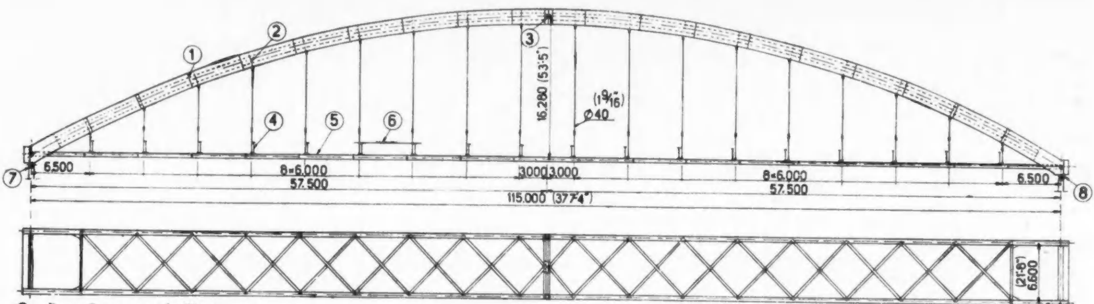
Alors que le tirant et les barres de contreventement ont une section rectangulaire en caisson réalisée en tôle soudée, la section de l'arc est tricellulaire et de hauteur constante (1,774 m.) avec deux âmes de 10 mm, deux semelles extérieures de 12 mm et deux plates bandes intérieures de 8 mm situées aux tiers de la hauteur. Ces dernières évitent le voilement des âmes et d'autre part, étant continues, font partie de la section résistante, remplaçant ainsi avec avantage les raidissements qui eux ne collaborent pas à la résistance à la compression longitudinale.

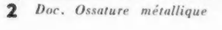
Tous les 6 mètres, c'est-à-dire aux points d'attache des suspentes, des diaphragmes transversaux de 8 mm ont pour rôle de donner de la rigidité à la torsion et répartir l'effort local de suspension.

Vers les appuis, la section de l'arc est renforcée par deux âmes internes qui reprennent directement l'effort du tirant et évitent le poinçonnage de la semelle inférieure. Ces âmes sont unies entre elles par des étançons qui les traversent et se soudent aux âmes extérieures. L'appui sur l'appareil d'articulation se fait par l'intermédiaire d'une plaque d'assise, les âmes extérieures étant renforcées par des équerres soudées.



1





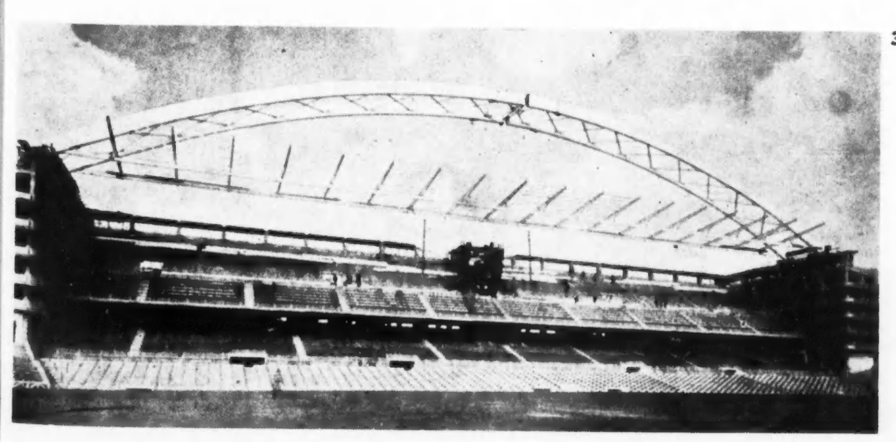
2 *Doc. Ossature métallique*

COUVERTURE D'UNE TRIBUNE

Stade San Mames à Bilbao, Espagne

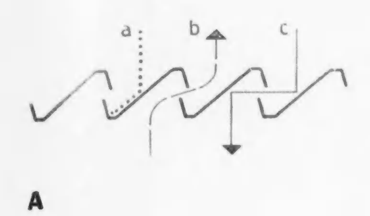
J.A. DOMINGUEZ SALAZAR, R. MAGDALENA, C. DE MIGUEL, ARCHITECTES.
C.F. CASADO, INGENIEUR

3



1. Vue de la charpente en cours de montage. 2. Elévation et plan de l'arc : 1. **Joint.** 2. **Diaphragme.** 3. **Articulation provisoire.** 4. **Poutre.** 5. **Tirant.** 6. **Couverture.** 7. **Appui mobile.** 8. **Appui fixe. 3. Vue d'ensemble de la tribune.**

COUVERTURES EN ALLIAGE LEGER



1. Toiture en shadelite réalisée pour un magasin aux Etats-Unis. 2. Abri de quai à la Foire d'Echantillons de Bâle.
A. Coupe des lamelles : a. pluie, b. air, c. lumière.
B. Coupe. C. Plan.

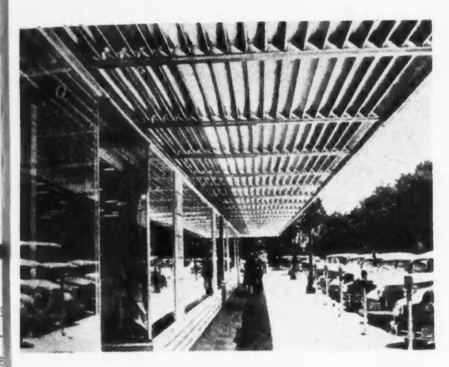
Ce système de couverture (Shadelite), développé aux Etats-Unis, vient de voir sa première réalisation européenne à la Foire de Bâle.

Il s'agit de profils en tôle d'aluminium pliée disposés de telle sorte qu'ils permettent la construction d'auvents protecteurs permettant une ventilation verticale, un éclairement par réflexion de la sous-face et l'évacuation des eaux de pluie (voir croquis). Il trouve son application essentiellement dans la réalisation d'auvents protecteurs pour magasins, cafés, hôtels, etc.

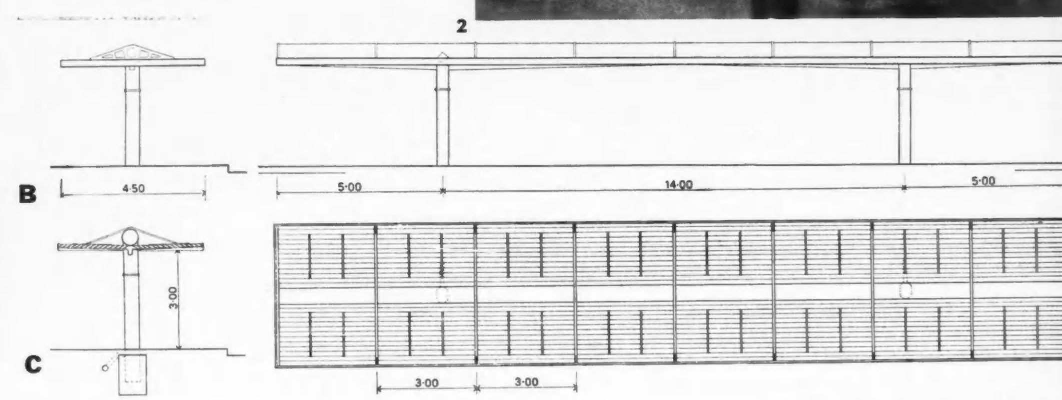
L'auvent du quai de l'arrêt des tramways de la Foire d'Echantillons de Bâle est formé d'une marquise de 24 m. de long sur 6 m. de large et d'un poids total de 1,6 T. Sa structure portante se compose de deux poteaux cylindriques verticaux de 400 mm. de diamètre et de 2,5 mm. d'épaisseur de tôle. Sur ces poteaux, distants de 14 m., un tube horizontal de 24 m. de longueur a été soudé, supportant le toit formé de lamelles. A l'atelier, ce tube horizontal de 500 mm. de diamètre et de 2,5-3,5 mm. d'épaisseur fut formé et soudé en tronçons de 3 m. de longueur. Ensuite deux pièces furent assemblées en un élément de 6 m. par une soudure transversale. Les soudures soumises à la flexion furent renforcées par trois nervures de forme triangulaire réparties également sur la circonférence, afin d'éliminer le flambage local. Un anneau formé d'un profil en T fut rivé à l'extrémité du tube. Il sert de joint de montage pour le tube suivant, qui sera vissé sur place.



2



1

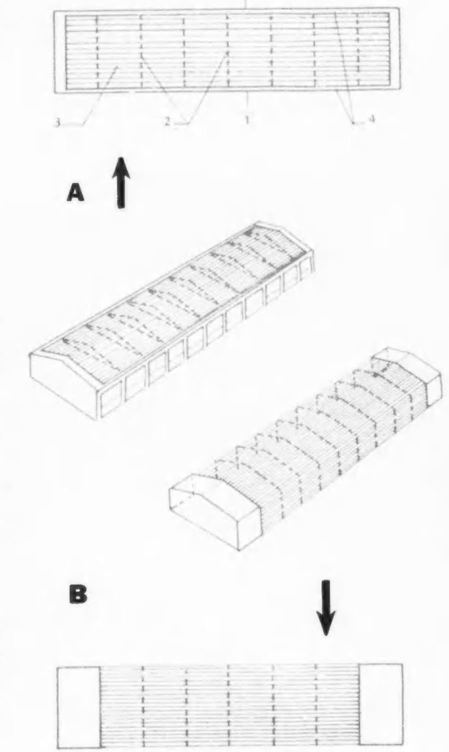


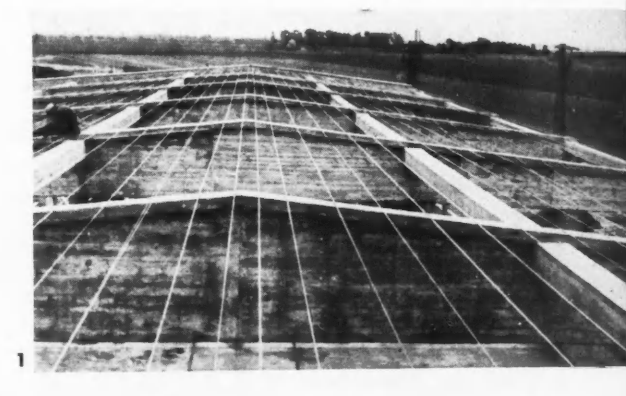
TOITURES A FILS TENDUS

V. SCHREITER, INGENIEUR.

Ce système de couverture réalisé par la société de construction Hofman et Maculan, de Vienne (Autriche), utilise des nappes de fils tendus dans le sens longitudinal au-dessus de fermes à grand écartement et ancrés dans des blocs terminaux, l'écartement étant de 25 à 50 cm. Ils servent à supporter des couvertures légères métalliques. Le réglage de la tension est prévu de telle sorte que tous les efforts de flexion sont neutralisés.

On comparera ce principe de construction avec les théories développées dans l'article de M. Frei Otto (v. p. 56) et avec les hangars anglais (v. p. 89).





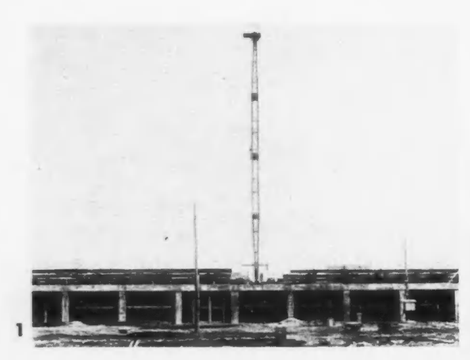
1



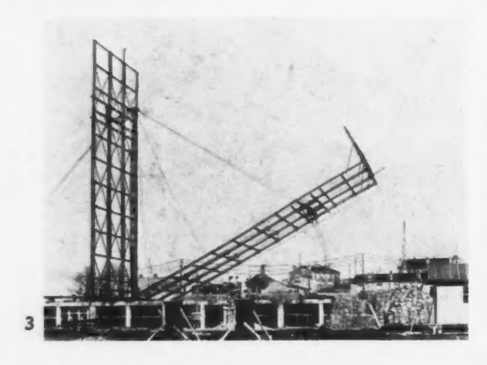
2

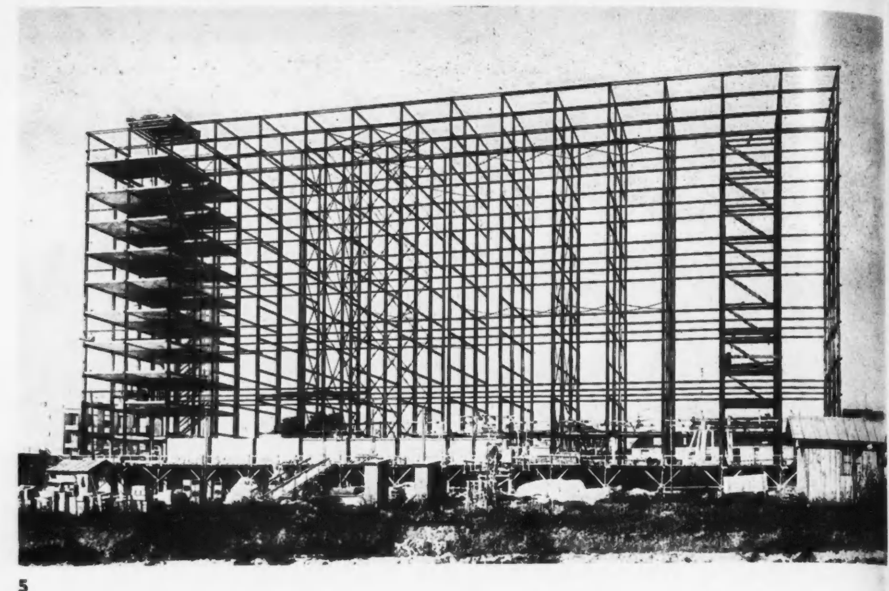
DEUX TYPES DE SYSTEME :
A. Schéma avec poutres de rive en compression : 1. Poutre de rive en compression. 2. Fermes. 3. Nappe de fils. 4. Points d'appui.
B. Schéma avec blocs terminaux rigides absorbant l'effort de tension.
E. Entretoisement longitudinal de fermes par éléments préfabriqués en béton armé. 2. Dépôt à Vienne dont la couverture a été réalisée par le système à fils tendus.

Entreprises-pilotes : Lefaure, Quillery (Saint-Maur) et Sté G.C.E.P.
Travaux exécutés par les entreprises : Quillery (Saint-Maur), Lefaure et Sté G.C.E.P. (gros œuvre, fondations spéciales et menuiserie) ; Schmid, Bruneton et Morin (charpente métallique) ; Construction carton-bois (cloisonnements) ; Seuralite (étanchéité) ; Baudet, Donon, Roussel (serrurerie) ; Le Xylolithe (sols) ; Anciens Ets Defontaine (électricité) ; Kula (plomberie) ; Ferrari frères (chauffage central) ; Baudet, Donon, Roussel (ascenseurs) ; H. Baudemant (vitrerie) ; Rigolot frères (peinture).


1


2


3


5

HABITATIONS COLLECTIVES PORTE DES LILAS, PARIS

JEAN FAYETON, ARCHITECTE

Ces immeubles sont réalisés à la suite du concours lancé en 1952 par la Fédération Parisienne du Bâtiment, en tendant à une solution aussi rationalisée et économique que possible.

Les éléments verticaux sont en charpente métallique et les éléments horizontaux en béton armé. Le module adopté tant dans le sens transversal que longitudinal est de 4,40 m. car cette cote se révèle d'une portée économique en béton armé et parce qu'elle correspond à la maille de surface permettant de passer d'un type de logement à un autre par l'adjonction d'une demi-maille.

La hauteur des immeubles a été fixée à 11 niveaux pour amortir au mieux la charpente métallique et les ascenseurs sans que le contreventement devienne trop onéreux et que les gaines et conduits de fumée prennent une trop grande importance.

L'ossature est constituée par une suite de portiques à trois travées réalisées au sol en charpente soudée, les poteaux étant fabriqués sur gabarit par assemblage de profilés HN livrés directement d'usine en longueur. Le levage de la charpente est effectué par portiques complets à l'aide d'un mât pour les deux premiers portiques, puis à l'aide d'un chariot spécial qui avance d'une travée à chaque opération.

Les escaliers, constitués par une crémaillère en tôle soudée sur PN, sont mis en place immédiatement après le réglage de la charpente, par volées complètes d'un étage. Le rythme de levage des portiques courants est de l'ordre d'un portique tous les deux jours.

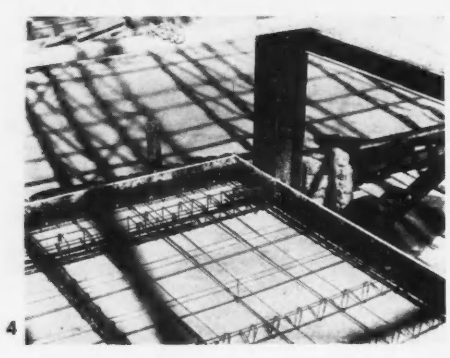
Après le réglage des portiques commence la fabrication des planchers constitués par des dalles épaisses en béton armé d'environ 4 m. de côté, coulées les unes aux autres dans des coffres sur le plancher du rez-de-chaussée. Dans chaque maille de l'ossature, le surfaçage de la dalle est effectué avec soin de telle sorte que le sol fini d'un étage serve de coffrage au futur plafond de l'étage supérieur.

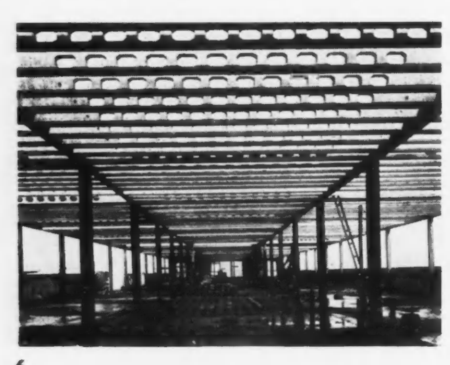
Les façades principales sont composées d'allèges continues fabriquées en atelier à la maille de 4,40 m.

L'ensemble des façades est mis en place à l'aide du chariot qui a servi au levage des planchers et qui est muni à cet effet de potences spéciales.

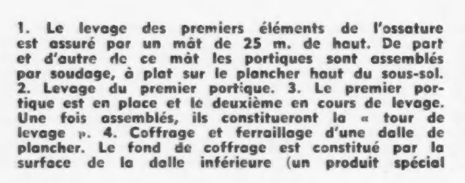
Les éléments de façade sont assemblés à l'ossature métallique.

Les menuiseries extérieures sont en chêne ; leurs châssis, pivotants dans le sens vertical, sont composés sur un module de 1,10 de large.


4


6



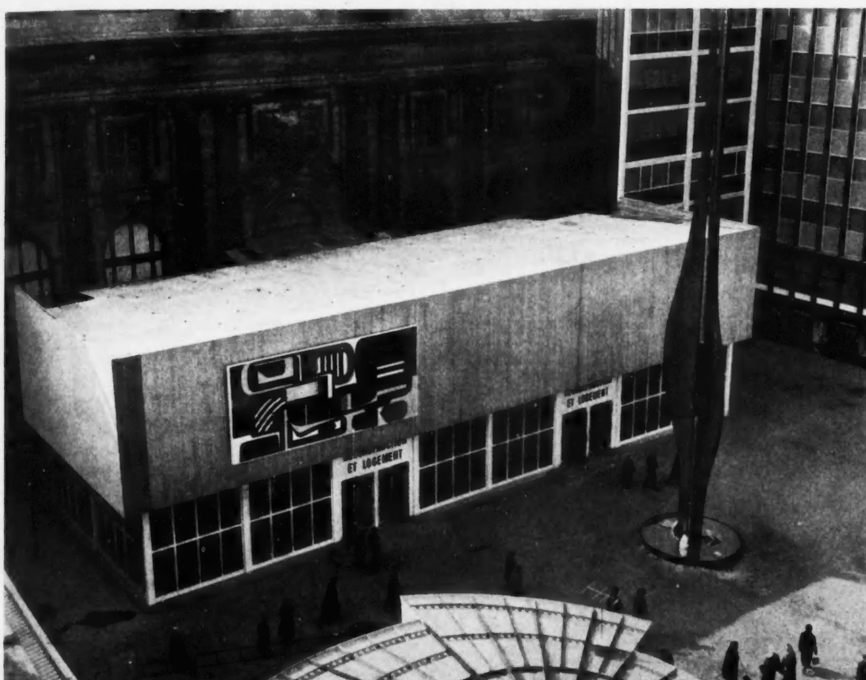

1. Le levage des premiers éléments de l'ossature est assuré par un mât de 25 m. de haut. De part et d'autre de ce mât les portiques sont assemblés par soudage, à plat sur le plancher haut du sous-sol. 2. Levage du premier portique. 3. Le premier portique est en place et le deuxième en cours de levage. Une fois assemblés, ils constitueront la « tour de levage ». 4. Coffrage et ferraillage d'une dalle de plancher. Le fond de coffrage est constitué par la surface de la dalle inférieure (un produit spécial de démoulage empêche l'adhérence des deux surfaces). 5. Ossature terminée et début du levage des planchers. 6. Le plancher-terrasse en cours de construction après mise en place des poutrelles évidées en béton armé. De petites dalles de béton armé, préfabriquées elles aussi et épaisses de 3 cm les surmonteront. Une forme de pente en béton de pouzzolane et une étanchéité multicouche couronneront le tout. 7. Façade terminée et pose des poutrelles du plancher-terrasse.

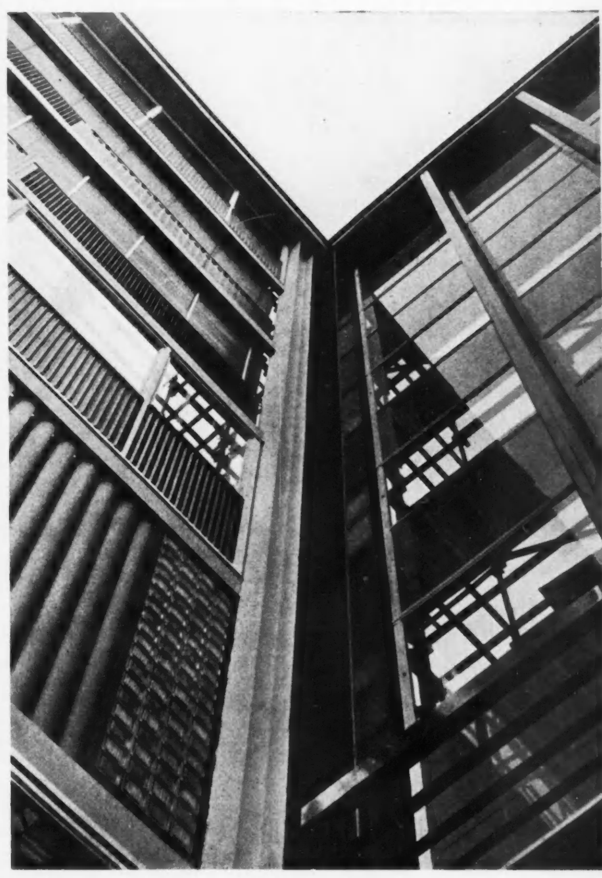
Photos H. Vaulé



Chaque année, l'exposition de l'habitation organisée dans le cadre du Salon des Arts Ménagers permet à quelques architectes de présenter des formules nouvelles, des techniques inédites et des éléments de construction. On reconnaît ici la maison ronde entièrement réalisée en matières plastiques par les Charbonnages de France, le Salon et la Revue « Elle ». Cette maison, qui a fait l'objet d'une publication dans notre Revue « Aujourd'hui » n° 6, a été édifiée par une équipe comprenant : René Coulon, architecte-conseil ; Ionel Schein pour la conception architecturale ; Yves Magnant pour la technique ; Alain Richard pour les aménagements intérieurs ; Hervé de Looze pour le sanitaire ; Antoine Fasani pour la polychromie. Constructeur : Raymond Camus. Elle comporte un noyau central (séjour, cuisine, sanitaire, rangement, chaufferie) autour duquel se développent une, deux ou trois chambres.

En façade, du pavillon du M.R.L., panneau mural de Dewasne.





La maison lumineuse, en métal et glace, est de l'architecte Marcel Roux, assisté de G. Muckensturn et de A. Valasek. Les aménagements intérieurs sont de Gascoin, avec « coin de bricolage » de J. Demachy. Ont participé également : le peintre Denise Chesnay et le sculpteur Stahly. Elle a été réalisée grâce au concours de la Chambre Syndicale de la Sidérurgie française (Aciers et Fonte), des fabricants de glaces et verre, de la S.O.D.E.L., de « Paris-Match » et « Marie-Claire ». Ce n'est pas un prototype de bâtiment réalisable, mais une démonstration des possibilités offertes par l'alliance de l'acier et du verre.

Deux façades de 6 étages évoquant l'une, un immeuble d'habitation, l'autre, un immeuble de bureaux (voir publication page 80).

La photographie ci-contre montre la Section « Formes Utiles » qui avait pour thème, cette année : la table de repas et son service (orfèvrerie et vaisselle). La sélection avait été opérée par Hervé de Looze. Certains éléments feront l'objet d'une publication dans « Aujourd'hui » (n° 7).

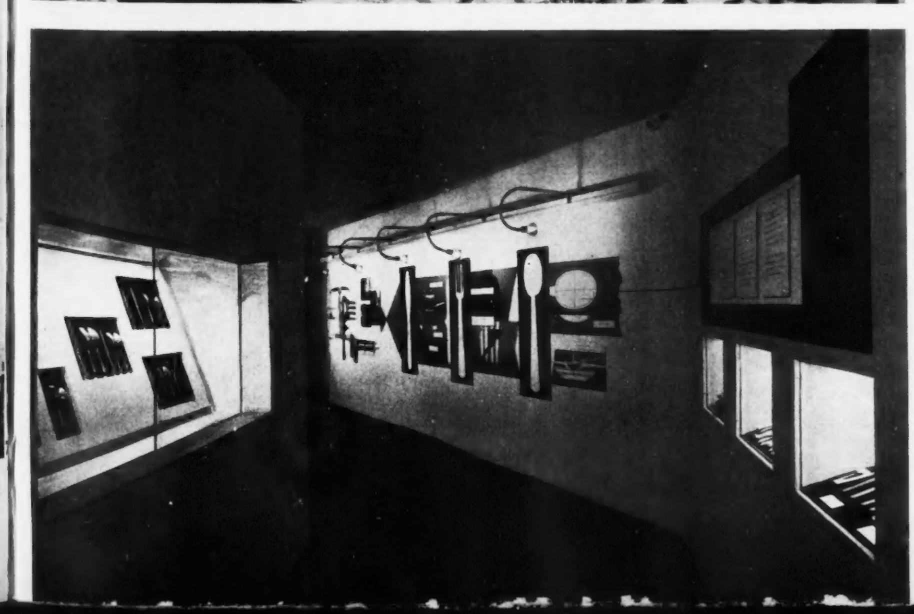
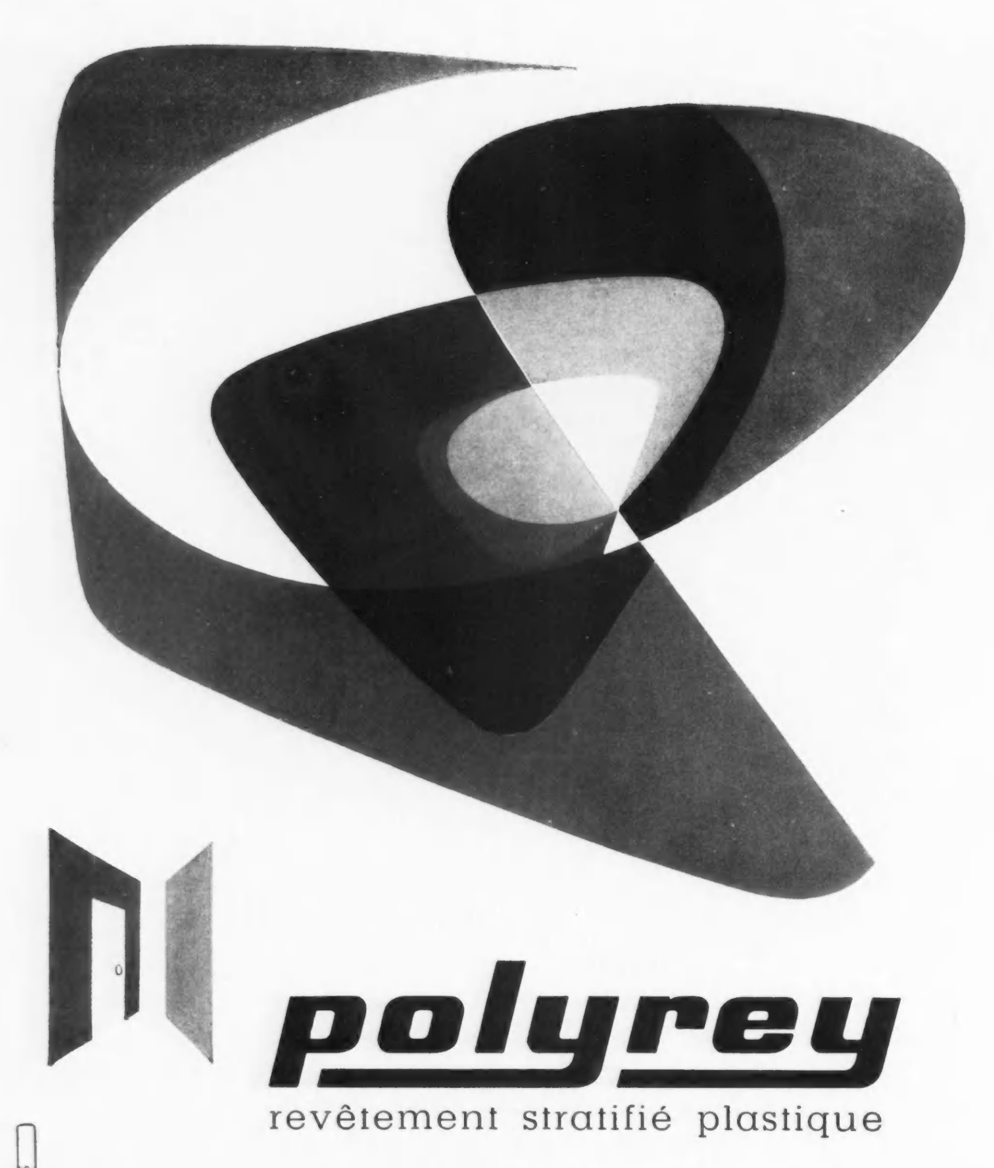


Photo Kollar

le plus gai des matériaux est né :



polyrey

revêtement stratifié plastique

c'est le **plus résistant**, le **plus vivant**, le **plus confortable**, le **plus gai** des matériaux modernes. Toutes les fois où le décor doit être fonctionnel, toutes les fois où le fonctionnel doit être décoratif, pensez à **polyrey**, pratique et économique, grâce à ses panneaux **largement dimensionnés**. Avec **polyrey** faites pénétrer vos clients dans un univers gai !

hall confortable ! appartement gai ! magasin accueillant !



élaboré dans l'usine la plus moderne d'Europe, répondant largement aux normes internationales les plus sévères, **polyrey** est 100 % français, **polyrey** est sympathique, **polyrey** est toujours neuf, **polyrey** est toujours gai. Dans quelques jours, vos clients ne parleront que de **polyrey**. Vous aussi, **parlez de polyrey, proposez polyrey.**

SODICO

POLYREY 89, 91, BOULEVARD MALESHERBES, PARIS 8, TÉL. LAB. 40-63

HABITATIONS COLLECTIVES A GUENANGE PAR LES PROCEDES DOMOFER (FRANCE)

J. M. LAFON, ARCHITECTE

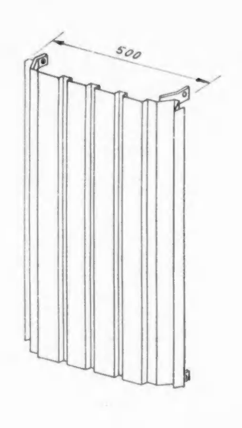


1



2

1. Vue d'un immeuble en cours de finition. 2. Montage de l'ossature.



3. La tôle du manteau extérieur des murs est galvanisée en ligne continue sur train Sendzimir. Elle est raidie par une rainure d'assemblage et nervurée pour éviter les résonances. Fabriqué à la machine à galets, au module de 50 mm., chaque panneau couvrant en une pièce toute la hauteur de l'immeuble est suspendu au niveau supérieur et raidi par attaches boulonnées à chaque niveau intermédiaire.

Des immeubles collectifs, entièrement métalliques, ont été réalisés à Guenange en utilisant les procédés Domofer.

Sur la dalle de cave ou du vide sanitaire se monte l'ossature métallique de l'immeuble. Elle est formée par une succession de portiques constitués par trois poteaux liaisonnés à chaque niveau par les poutres transversales. Ces portiques sont reliés entre eux par les poutres longitudinales dans les plans des façades et du refend central. En dehors des liaisons orthogonales, le contreventement est complété par des éléments de triangulation dans les plans verticaux des pignons et cages d'escalier et dans le plan horizontal de la couverture.

Le plancher est composé d'éléments de tôle pliée reposant sur des appuis constitués par des murs ou des poutres. Chaque élément de plancher, de 20 kg., est en tôle d'acier de 15/10 de mm. pour une portée de 4,50 m. environ.

Ces éléments, d'un transport facile par leur poids et leur forme, permettent de charger 300 m² de planchers correspondant à cinq logements moyens sur un camion de six tonnes.

On utilise, pour les escaliers, des volées droites fabriquées à partir d'une tôle de 15 à 20/10 de mm. pliée au profil des marches et contremarches. Poids unitaire de 50 kg. par volée. Revêtement en matière plastique. Gardecorps en tubes d'acier.

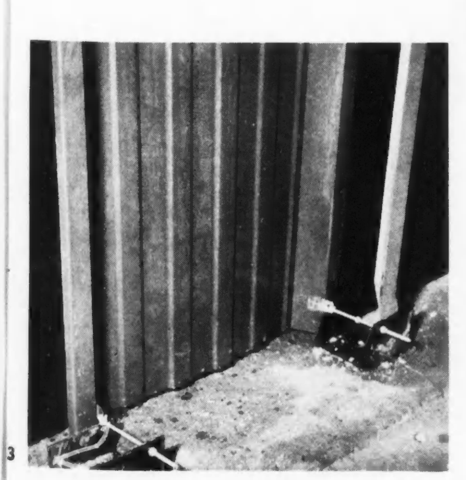
Le mur de façade est constitué par un sandwich comprenant un manteau extérieur en tôle galvanisée, une lame d'air en communication avec l'extérieur, un matelas isolant en laine de roche avec feuilles antibuée, des planches de plâtre de 50 mm. en paroi intérieure. Le mur a un coefficient de transmission thermique égal à 0,736, équivalant à une paroi de maçonnerie de plus d'un mètre d'épaisseur.

Les ouvertures de façade sont constituées par des blocs croisées, mis en place au moment du montage des ossatures avant revêtement des murs.

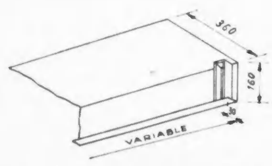
Une série de bacs de 600 à 700 mm. de largeur et d'une longueur égale au versant de toiture constituent la couverture. Ces bacs sont en tôle galvanisée au train Sendzimir, d'une épaisseur de 4/10 mm. Les différents éléments sont reliés les uns aux autres par joint debout.



4



3



4. Les blocs croisées sont formés d'un bâti dormant en tôle de 15/10 et 20/10 recevant les châssis fixes ou ouvrants et les persiennages. Ils sont liés à l'ossature par des aiguilles en cornières boulonnées. Les châssis proprement dits sont en tôle pliée. Ils peuvent être protégés par zinguage ou par peinture polymérisée au four à l'infra-rouge. 5. Pose des planchers. Leurs divers éléments sont placés avec un léger chevauchement de l'un sur l'autre et consolidés par quelques points de soudure. Ils sont réunis sur leur face supérieure horizontale par un tringlage en fil d'acier soudé à la tôle. Sur ce coffrage est coulée une chape de mortier de ciment à grillage incorporé.

5



GRAND PRIX FORMICA

La Société Française des Produits Industriels De La Rue organise cette année, à l'occasion du Salon des Artistes Décorateurs, un Grand Prix « Formica », doté de 400.000 francs, ainsi répartis :

Premier prix : 300.000 francs,

Second prix : 100.000 francs.

Ce concours est ouvert à tous les artistes utilisant Formica dans leurs créations présentées à ce Salon. Il a pour but de démontrer l'utilisation esthétique et rationnelle d'un matériau nouveau et ses possibilités d'application.

Le Jury, composé des membres du bureau de la Société des Artistes Décorateurs et de trois représentants de la Société De La Rue, et présidé par M. Renou, président de la Société des Artistes Décorateurs, se réunira dès les premiers jours de l'ouverture du Salon.

S'adresser, pour obtenir les panneaux « Formica », à la Société De La Rue qui les mettra gracieusement à la disposition des intéressés. Les décorateurs peuvent choisir les nombreux coloris de la gamme Formica, ce qui permet de réaliser des ensembles ou des meubles selon des compositions personnelles. (Société De La Rue, 10, rue de Castiglione, Paris.)

PROBLEMES D'INSONORISATION

Comme suite à l'article publié dans notre dernier numéro (voir page XXXVIII) nous nous attachons plus précisément aujourd'hui aux problèmes d'isolation contre la transmission des sons à travers les cloisons ou planchers.

Quelle que soit la réduction que l'on puisse obtenir sur le niveau sonore enregistré dans certains locaux bruyants, il y a souvent lieu de limiter au maximum la transmission des bruits résiduels vers les lieux voisins. Cette opération ou isolation proprement dite, consiste à créer une barrière efficace au passage des ondes sonores : elle ne peut être réalisée qu'au moyen de montages spéciaux qui comportent généralement la mise en œuvre de masses relativement élevées, séparées acoustiquement par des matériaux absorbants. Ces montages exigent des précautions d'étanchéité et de discontinuité qui conditionnent leur efficacité. Leur emploi est généralement complété par celui de double ou de triple vitrages, ou de verres spéciaux : emploi de double battants, de feuillures étanches, et de serrures spéciales.

Les vibrations des machines comptables peuvent, d'autre part être transmises sur de grandes distances par le canal des éléments rigides des bâtiments, où elles sont implantées. L'emploi de sols flottants permet d'éviter ce phénomène, particulièrement gênant dans les immeubles à structure béton. Ce type de montage comprend l'emploi d'une couche résiliante, interposée entre le revêtement de sol (collé généralement sur une dalle flottante de répartition) et le gros œuvre. Un relevé de l'isolant évite tout contact direct entre l'élément flottant et les parois verticales.

L'ensemble de ces techniques permet de construire ou de transformer les bâtiments à usage de bureaux en les rendant parfaitement insonores.

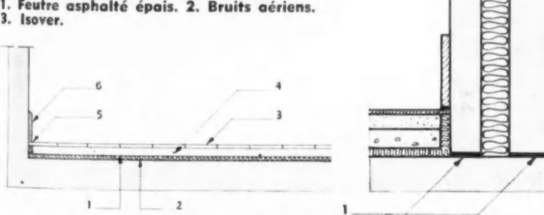
Nous citerons pour la réduction à la source : les cabines insonores équipées de feutres de fibres de verre Saint-Gobain, sous tôle perforée type Boet, Outelec, etc.

Pour l'absorption *les panneaux rigides imprégnés de fibres de verre à densité comprise entre 27 et 120 kg/m³, suivant l'absorption recherchée, placés sous cadres perforés en Isorel, amiante-ciment, tôle, etc.*

Les plaques acoustiques Isover, *livrées en éléments préfabriqués de 33 × 33 × 2 cm. à bords chanfrinés, peints au moyen d'un enduit spécial qui leur donne un aspect agréable.*

Les panneaux plafonds Isover, *fabriqués en éléments de 100 × 50 × 25 centimètres également peints sont livrés avec leur ossature métallique, permettant la réalisation de plafonds à coefficient d'absorption très élevé sur toutes les fréquences, très utilisés aux U.S.A., pour tous les bureaux de grandes dimensions.*

A. Isolation phonique des planchers : 1. Papier goudronné. 2. Panneaux Isover. 3. Revêtement. 4. Sable ou dalle. 5. Bande feutrée asphaltée. 6. Plinthe.
B. Isolation phonique double cloison : 1. Feutre asphalté épais. 2. Bruits aériens. 3. Isover.

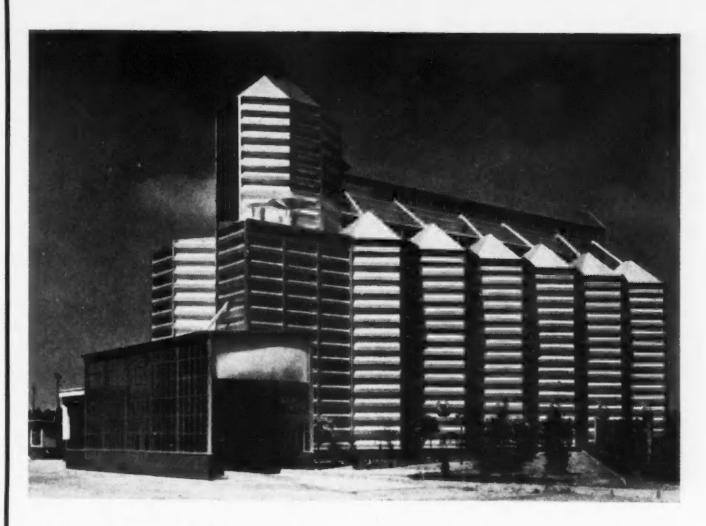


Pour l'isolation : *les panneaux rigides type* P.B.352, *les feutres de* fibres longues *destinés aux montages flottants, et les panneaux rigides P.B. destinés au montage de doubles cloisons.*

Les grandes Manufactures de Glaces livrent enfin aux utilisateurs, aussi bien les glaces et verres spéciaux à indice d'affaiblissement sonore élevé (Aterphone, Thermopane, Triver, etc.) ainsi que les montages (briques Névada et Primalith) qui permettent la réalisation de cloisons très insonores.

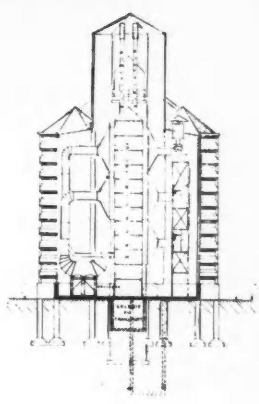
EXPOSITION DE L'ALUMINIUM DANS LA CONSTRUCTION

Une importante exposition organisée par l'Aluminium français vient d'avoir lieu à Mulhouse, sous l'égide du Centre de documentation du Bâtiment. M. R. Govry, chef de la Section Architecture de l'Aluminium français, a parlé des différentes applicatoins de l'aluminium dans la construction et a présenté à un nombreux public de techniciens les remarquables réalisations faites dans ce domaine, tant en France qu'à l'Etranger.



SILO METALLIQUE POUR CEREALES A PITHIVIERS

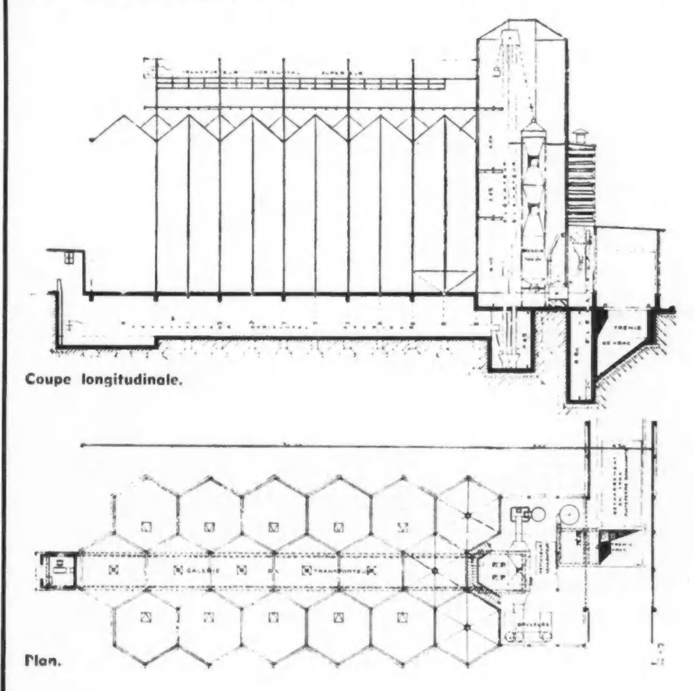
B. LHOTELIER,
G. ET C. ROBIN, ARCHITECTES



La Coopérative agricole de céréales de la région de Pithiviers, qui disposait déjà de divers magasins et d'un silo en béton de 55.000 quintaux, vient d'être pourvue d'une installation nouvelle. Celle-ci a été réalisée en dix-huit cellules métalliques de 1.600 quintaux, utilisant des tôles raidies par emboutissage ou laminage au profil visible.

Pour donner à l'édifice son unité d'aspect, les architectes ont utilisé les mêmes tôles pour tout l'ensemble : cellules et tour du sécheur avec élévateur. Fondations en béton armé, aucune maçonnerie en élévation.

La réception du grain se fait en vrac sur pont bascule à tablier levant par des vérins de type « Saphem ». La protection contre les intempéries et la corrosion est obtenue par un traitement spécial des tôles et deux couches de peinture à l'aluminium. J. Boutard, constructeur. Installation de séchage par Van Opstal, séchoir Brabant.



Coupe longitudinale.

Plan.

QUELQUES NOUVEAUTES AU SALON DES ARTS MENAGERS

OCHOD



Ce chauffe-eau instantané à gaz est d'une utilisation extrêmement simple : un seul bouton avec aiguille indicatrice se déplaçant sur un cadran, permet d'obtenir immédiatement l'eau à la température voulue. Il peut être utilisé avec brise-jet normal, bec verseur orientable ou brise-jet flexible pour douche de deux longueur : 15 et 25 cm.

ELEMENTS DE CUISINE TECHNA



Pour la première fois, ce réfrigérateur mural a été présenté en France. Il est d'une capacité de 190 litres et monté avec groupe hermétique américain. Le bloc cuisson est composé de trois fours à hauteur d'utilisation et d'un dessus chauffant de quatre à six trous, en partie basse, meubles de rangement.



Photos Corteyx

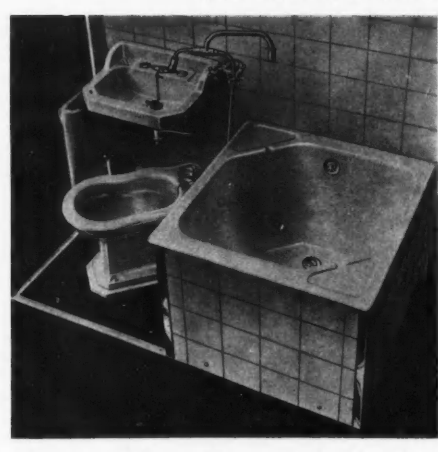
LA WASHING « TURBOMATIC » 30 K

La « Turbomatic 30 K » est une machine à laver de grand luxe à tableau de bord-pupitre, comprenant minuterie et sélecteur de vitesse. Tous les éléments ont été calculés et mis au point pour apporter le maximum de confort. Elle est équipée d'un véritable « Turbo-laveur » semi-automatique avec décompte du temps des opérations, en fonction des tissus à laver et changement de vitesse électrique.

CHAUFFAGE PAR INFRA-ROUGE

La Société Applimo s'est vu confier le chauffage d'une partie du Salon des Arts Ménagers aux infra-rouges. Il a été possible d'apprécier ainsi la qualité de ses appareils, Sté Applimo, 39, rue Bokanowski, Asnières. Tél. : GRE. 48-84.

BLOC DOUCHE C.A.S. 55



Cet ensemble constitue, avec le bloc bain-douche déjà présenté l'an passé par le Comptoir des Arts sanitaires, deux solutions intéressantes au problème de la salle d'eau dans la construction. Ils offrent, avec un encombrement minimum, toutes les commodités d'hygiène. Les prix sont très limités du fait de l'utilisation d'une robinetterie mélangeuse unique.

LE SILEXORE LANCE LE SILIMAT

Le « Silexore 60 » est largement utilisé par les architectes pour les surfaces extérieures ; cette Société vient de lancer aujourd'hui une peinture d'intérieur, le « Silimat » ininflammable, inodore, séchant rapidement. Un choix judicieux des pigments et constituants annexes permet de rendre cette peinture facilement lavable. Il est possible d'obtenir, en ajoutant en faible proportion des colorants très concentrés, une gamme de nuances vives et fraîches. S'adresser aux Ets L. Van Malderen, 6, cité Malesherbes, Paris 9e.

LES JOINTS TORIQUES EN ROBINETTERIE

Dans la plupart des robinets, l'étanchéité entre le corps de la tête et la vis de manœuvre est assurée par un presse-étoupe. L'inconvénient de ce système réside, d'une part, dans la dureté de la manœuvre, d'autre part dans le cas des robinets montés sur des circuits d'eau très chaude, la tenue des garnitures reste problématique par suite de la fusion des matières grasses qui les imprègnent.

Une firme américaine avait lancé sur le marché avant 1940 un joint caoutchouc de forme torique, qui pouvait servir à réaliser l'étanchéité de certains systèmes. Toutefois, l'emploi de ces joints s'avérait délicat et nécessitait des cotes d'exécution rigoureuses. Depuis, l'application de ce principe s'est considérablement développée.

Dans sa forme actuelle, le joint toroïdal est un anneau de section ronde, dont les cotes d'exécution sont très précises. Il est placé dans une gorge et coulisse à frottement doux sur la pièce dont il est chargé d'assurer l'étanchéité. Celle-ci est obtenue à basse pression par l'élasticité naturelle du matériau composant le joint.

On peut mettre à l'actif du joint torique les avantages suivants : simplification de fabrication, faible encombrement, étanchéité efficace sur une large échelle de température, grande durabilité, faible friction, d'où diminution des efforts de manœuvre.

LABEL BEAUTE FRANCE 1956

L'esthétique industrielle vient de décerner les labels beauté France pour 1956. Plusieurs centaines d'objets ont été ces derniers mois soumis aux jurys désignés par le Ministère du Commerce. Vingt-trois d'entre eux ont été retenus, ce sont :

Grue automobile « Abeille 66 » : Ateliers de Bondy. — Cuisinière tous gaz 36-46 : Ets Arthur Martin. — Remblayeur-niveleur : Ets P. Bernard et Cie. — Friteuse électrique standard n° 1 : Sté Bonnet. — Vissomatic Electro-Major : Ets P. Boulant et Cie. — Eléments de cuisine : Ets Calux-Edi. — Moteur type D3 : Moteurs Drouard. — Râpe à fromage électrique : Cie Hobart. — Cadenas « Crab » cuivre chromé : Ets J.L.C. — Cuisinière Butane 333 : Sté Liotard. — Diagnodynes 4 E et 6 C, Pulsadyne, Névadyne, Isolyne : Sté G. Massiot et Cie. — Conditionnements en plaquettes : Sté Ch. Nicolle. — Briquet « Leader » aluminité noir : Sté Quercia-Flaminaire. — Projecteur « Monaco » : Sté S.C.I.P. — Fenêtre à châssis reversible : Ateliers de Construction Schwartz-Haumont. — Machine à laver « Cendrillon » et bloc cuisinière mixte : Sté Thermor. — Aérateur « Thomsonair » : Cie française Thomson-Houston. — Table chirurgicale du Docteur Thalheimer : Ets Veller et Fils.

L'Institut d'esthétique industrielle — Maison de la Chimie, 28, rue Saint-Dominique, à Paris, chargé par le Ministre du Commerce de constituer le premier jury, lance un appel aux chefs d'industries et aux techniciens pour qu'ils prennent contact avec lui.

NOUVEAU SIEGE DES ETS SCHWEND AMANN

Les Ets Schwend Amann rappellent que la seule adresse de leur bureau de Paris est désormais 80, rue du Château, à Boulogne-sur-Seine. Tél. MOL. 27-52. Les commandes peuvent être reçues aussi bien à Strasbourg, 5, avenue d'Alsace, qu'à Boulogne.

LE PISTOLET « SPIT »



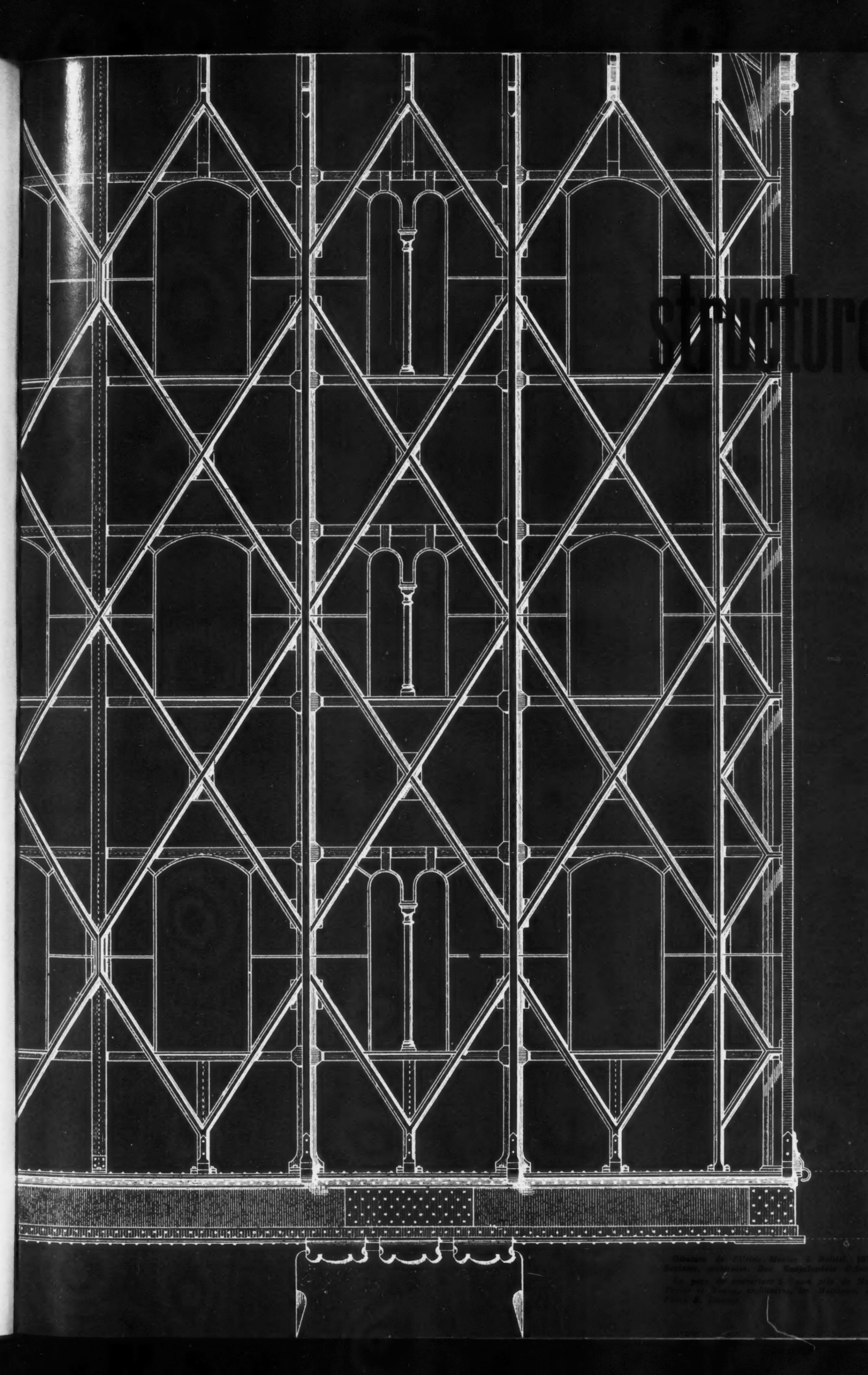
Grâce au capuchon plastique de diamètre standard, un seul canon suffit au pistolet pour sceller des pointes et des goujons filetés de diamètres différents ; le frottement « plastique sur acier » supprime toute usure du canon.

Le pistolet « Spit » permet de sceller dans le fer et le béton un goujon fileté ou une pointe lisse dix fois plus rapidement que par les moyens classiques. Jusqu'à la mise au point de cet appareil, les entreprises utilisant les pistolets de scellement étaient obligées de changer de canon suivant le diamètre des pointes ou goujons à sceller et de remplacer très souvent le canon qui s'usait au contact des pointes. Pour permettre d'utiliser un canon unique, il s'est avéré nécessaire d'équiper toutes les pointes d'un capuchon de diamètre standard.

L'originalité de cette solution réside dans le fait que l'usure a été transférée sur un accessoire des pointes destiné à disparaître après scellement de celles-ci. La matière la moins dure possible a été choisie à cet effet : il s'agit d'un « plastique » spécialement étudié, supprimant d'une part l'usure et d'autre part tout risque de grippage.

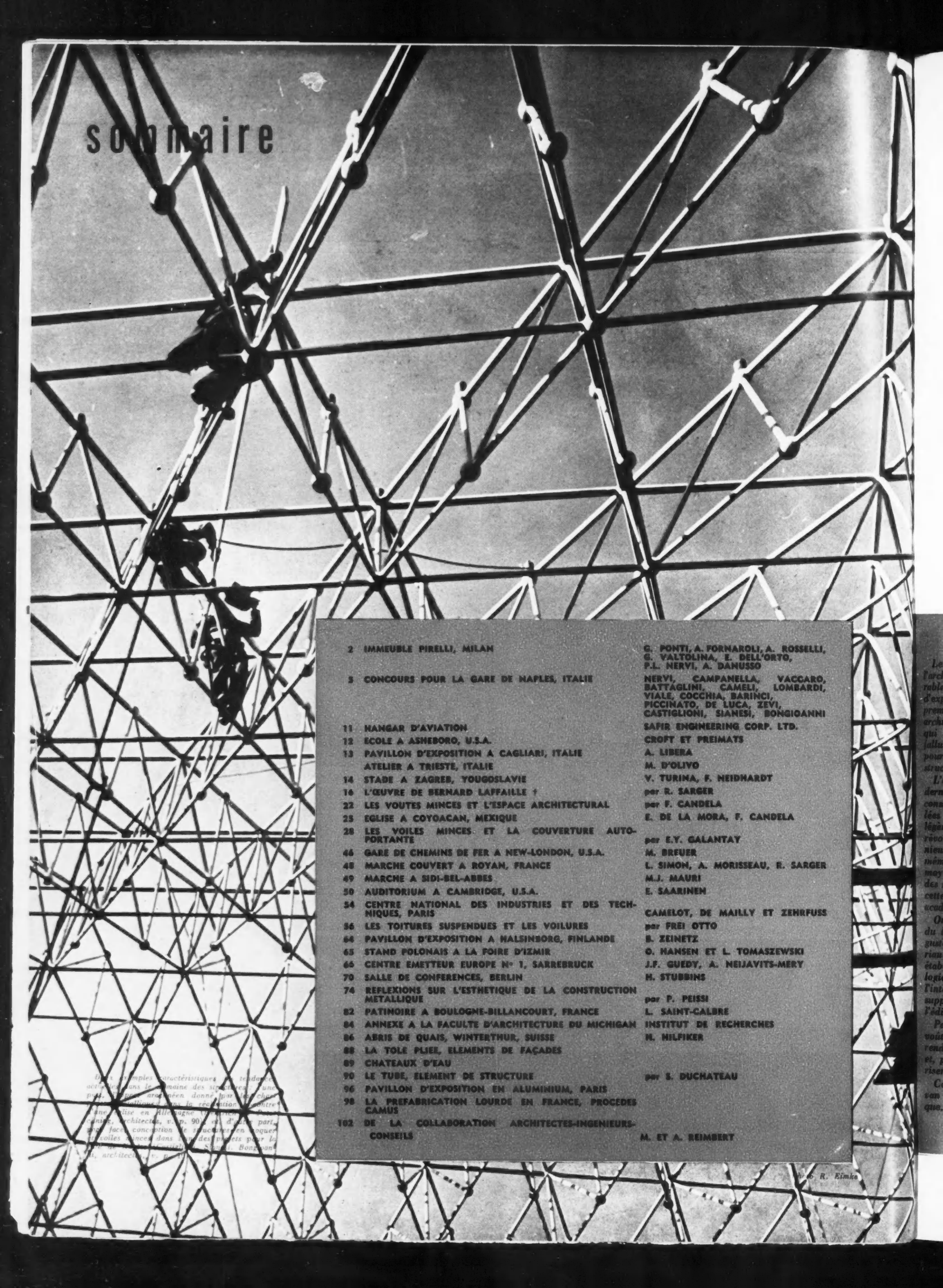
Société Spit, Bourg-les-Valence (Drôme).


Groupe d'immeubles H.L.M.
d'Ivry-s-Seine
H. et R. Chevallier, Architectes.



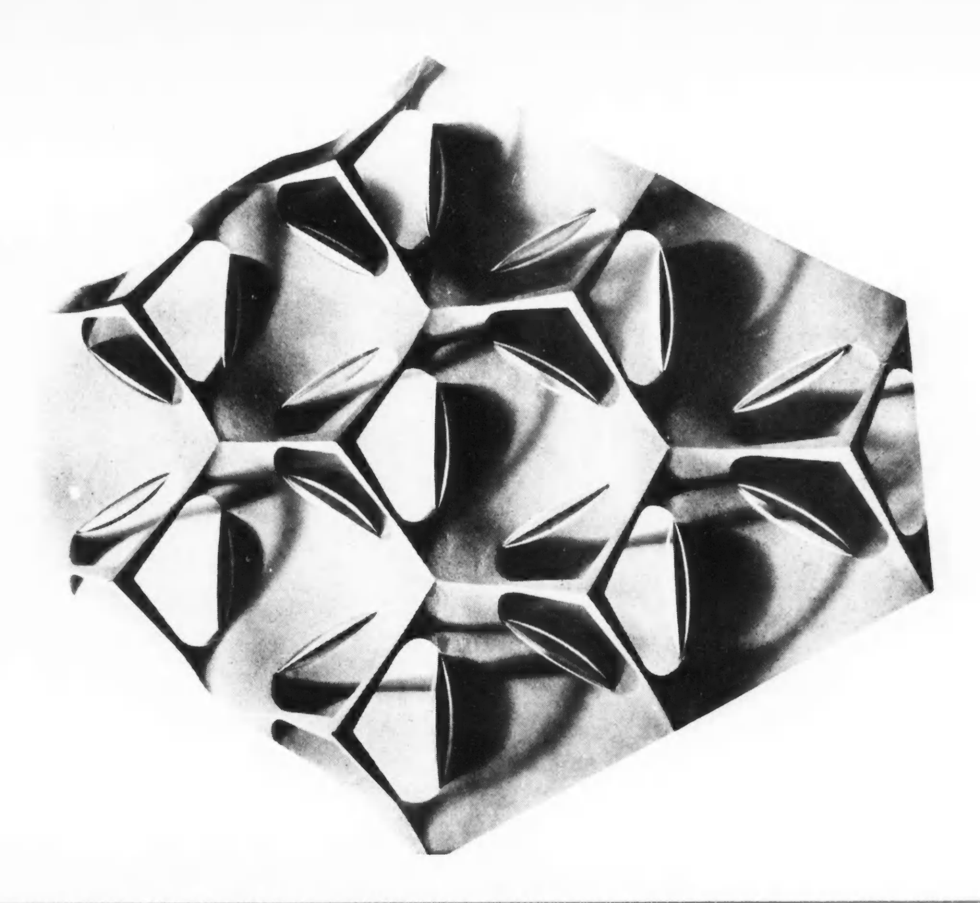
structures

Ossature de l'Usine Menier à Noisiel, 1871. Jules Saulnier, architecte. Doc. Encyclopédie d'Architecture.
Le pont de [illegible] près de [illegible] Taylor et Young, architectes, [illegible] Matthews, ingénieur. Photo R. [illegible]



sommaire

2	IMMEUBLE PIRELLI, MILAN	G. PONTI, A. FORNAROLI, A. ROSSELLI, G. VALTOLINA, E. DELL'ORTO, P.L. NERVI, A. DANUSSO
5	CONCOURS POUR LA GARE DE NAPLES, ITALIE	NERVI, CAMPANELLA, VACCARO, BATTAGLINI, CAMELI, LOMBARDI, VIALE, COCCHIA, BARINCI, PICCINATO, DE LUCA, ZEVI, CASTIGLIONI, SIANESI, BONGIOANNI
11	HANGAR D'AVIATION	SAFIR ENGINEERING CORP. LTD.
12	ECOLE A ASHEBORO, U.S.A.	CROFT ET PREIMATS
13	PAVILLON D'EXPOSITION A CAGLIARI, ITALIE	A. LIBERA
	ATELIER A TRIESTE, ITALIE	M. D'OLIVO
14	STADE A ZAGREB, YOUGOSLAVIE	V. TURINA, F. NEIDHARDT
16	L'ŒUVRE DE BERNARD LAFFAILLE †	par R. SARGER
22	LES VOUTES MINCES ET L'ESPACE ARCHITECTURAL	par F. CANDELA
25	EGLISE A COYOACAN, MEXIQUE	E. DE LA MORA, F. CANDELA
28	LES VOILES MINCES ET LA COUVERTURE AUTO-PORTANTE	par E.Y. GALANTAY
46	GARE DE CHEMINS DE FER A NEW-LONDON, U.S.A.	M. BREUER
48	MARCHE COUVERT A ROYAN, FRANCE	L. SIMON, A. MORISSEAU, R. SARGER
49	MARCHE A SIDI-BEL-ABBES	M.J. MAURI
50	AUDITORIUM A CAMBRIDGE, U.S.A.	E. SAARINEN
54	CENTRE NATIONAL DES INDUSTRIES ET DES TECHNIQUES, PARIS	CAMELOT, DE MAILLY ET ZEHRFUSS
56	LES TOITURES SUSPENDUES ET LES VOILURES	par FREI OTTO
64	PAVILLON D'EXPOSITION A HALSINBORG, FINLANDE	B. ZEINETZ
65	STAND POLONAIS A LA FOIRE D'IZMIR	O. HANSEN ET L. TOMASZEWSKI
66	CENTRE EMETTEUR EUROPE N° 1, SARREBRUCK	J.F. GUEDY, A. NEIJAVITS-MERY
70	SALLE DE CONFERENCES, BERLIN	H. STUBBINS
74	REFLEXIONS SUR L'ESTHETIQUE DE LA CONSTRUCTION METALLIQUE	par P. PEISSI
82	PATINOIRE A BOULOGNE-BILLANCOURT, FRANCE	L. SAINT-CALBRE
84	ANNEXE A LA FACULTE D'ARCHITECTURE DU MICHIGAN	INSTITUT DE RECHERCHES
86	ABRIS DE QUAIS, WINTERTHUR, SUISSE	H. HILFIKER
88	LA TOLE PLIEE, ELEMENTS DE FAÇADES	
89	CHATEAUX D'EAU	
90	LE TUBE, ELEMENT DE STRUCTURE	par S. DUCHATEAU
96	PAVILLON D'EXPOSITION EN ALUMINIUM, PARIS	
98	LA PREFABRICATION LOURDE EN FRANCE, PROCEDES CAMUS	
102	DE LA COLLABORATION ARCHITECTES-INGENIEURS-CONSEILS	M. ET A. REIMBERT



Les conceptions structurales ont pris, dans l'architecture contemporaine, une place considérable et lui ont offert de nouveaux moyens d'expression plastique. Certes, ce n'est pas la première fois que se manifeste l'interdépendance architecture-structure, mais depuis le Moyen-Âge qui en vit l'éclosion la plus impressionnante, il fallut attendre l'avènement de l' « âge du fer » pour assister à un renouveau de l'architecture structurale.

L'apparition, dans la seconde moitié du siècle dernier, du matériau fer, rendit possibles aux constructeurs des conceptions jusqu'alors inégalées par leur hardiesse, leur ampleur et leur légèreté. Les œuvres témoins de cette période révolutionnaire prouvent qu'architectes et ingénieurs se lancèrent avec enthousiasme et parfois même témérité à la recherche de nouveaux moyens d'expression. Mais, malgré la Galerie des Machines, le Crystal Palace et la Tour Eiffel, cette révolution fut rapidement étouffée par un académisme tout puissant.

On redécouvre la structure avec l'introduction du béton armé et grâce surtout au génie d'Auguste Perret qui, à partir de ce nouveau matériau auquel il confère ses lettres de noblesse, établit une doctrine architecturale cohérente et logique. L'ossature apparait à l'extérieur et à l'intérieur de l'édifice. Elle n'est pas seulement support, mais rythme, modulation, elle EST l'édifice.

Parallèlement à l'ossature se développent les voûtes et les voiles en béton armé qui semblent rendre illimitées les possibilités du constructeur et, par la souplesse même de leur emploi, autorisent à la fois le meilleur et le pire.

Ce que Perret fut pour le béton armé, Mies van der Rohe l'a été pour la charpente métallique. Sa doctrine architecturale est, dans sa rigueur, identique à celle du maître français et il l'a poussée jusqu'à ses conséquences ultimes, conférant à la charpente une esthétique dépouillée et nécessairement ascétique. Ces deux conceptions, dites « ossaturistes », ont néanmoins l'inconvénient d'une rigidité et d'une certaine sécheresse qui sont actuellement en contradiction avec l'assouplissement progressif de la plastique architecturale.

Les diverses tendances de l'architecture contemporaine n'accordent pas à la structure une importance égale. Tantôt base d'un parti, tantôt élément plastique accessoire ou enfin support anonyme d'une idée purement plastique, la structure organique ne constitue pas encore de nos jours la caractéristique essentielle de l'architecture du XXe siècle. Mais elle est sans doute appelée à le devenir et on peut entrevoir l'aboutissement d'une évolution tendant à l'unité structure-architecture qui, dans sa forme la plus pure, est l'identité en un seul élément du système porteur, des surfaces délimitant l'espace architectural et de la forme.

L'évolution des structures est conditionnée par des recherches poursuivies dans deux directions principales : matériaux d'une part, systèmes de structure de conceptions et de formes révolutionnaires, d'autre part.

En ce qui concerne les matériaux, on tend à perfectionner ceux qui sont déjà classiques ainsi que leurs méthodes de mise en œuvre, mais pour les matériaux nouveaux, il est encore prématuré d'en envisager une utilisation exploitable dans un proche avenir.

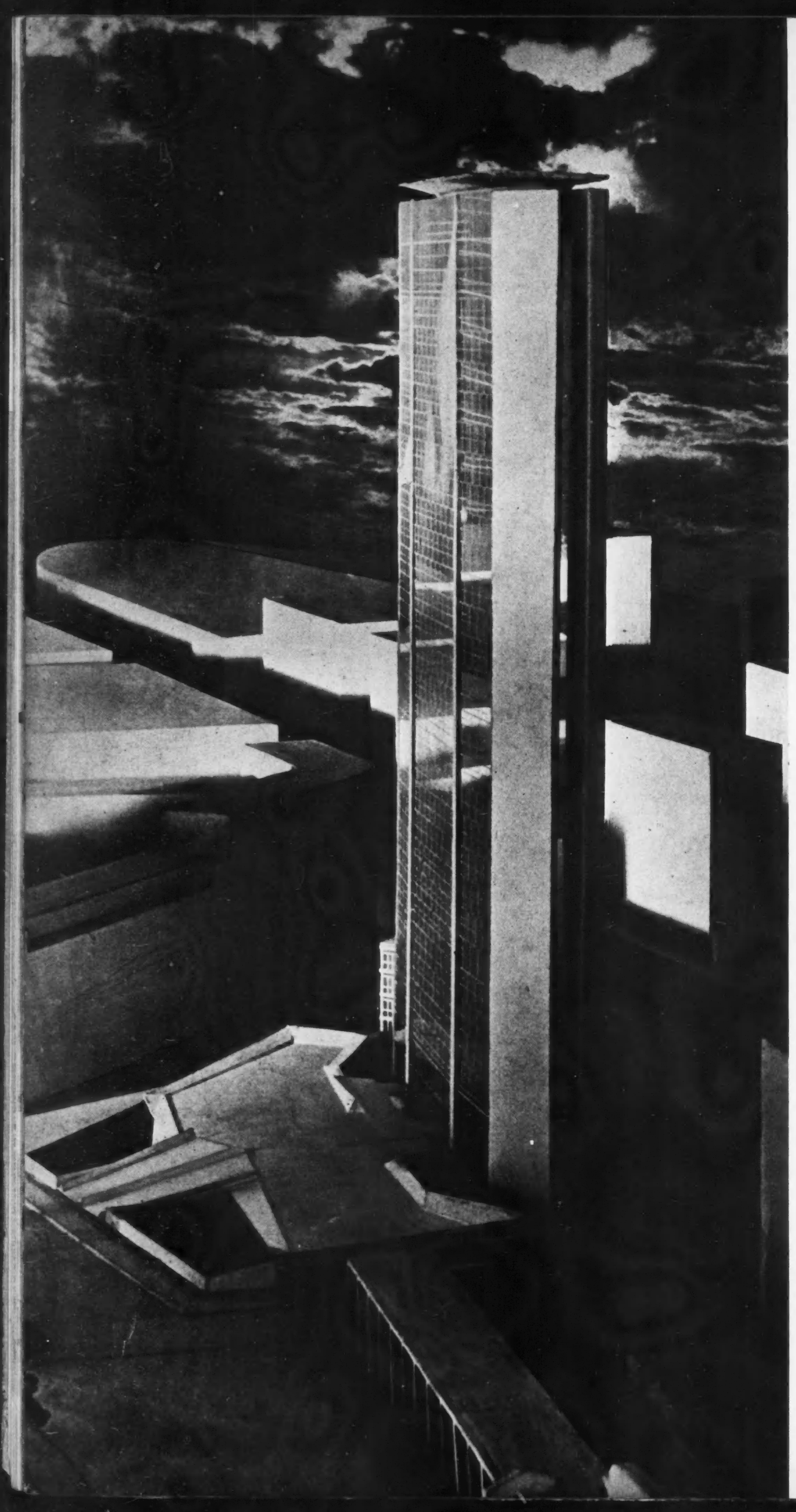
Les systèmes de structure se présentent sous deux aspects fondamentalement différents. D'une part, certains systèmes résolvent les problèmes d'édifices à niveaux multiples, avec répétition de travées identiques dans le sens horizontal et vertical : c'est la structure orthogonale dont la conception de principe ne pourra guère être changée économiquement avant longtemps.

D'autre part, se pose le problème de la couverture de grands ou moyens espaces à un seul niveau. C'est surtout dans ce domaine qu'ont été entreprises des recherches et études qui bouleversent les méthodes traditionnelles tant dans leur conception que par leur mode d'exécution.

Nous avons réuni dans ce numéro des exposés consacrés à quelques aspects de ces techniques nouvelles, et plus spécialement aux couvertures autoportantes (voiles, voûtes, coques, selles, etc.) et au tout nouveau principe des toitures suspendues. Le grand ingénieur français Bernard Laffaille, disparu prématurément, a apporté une contribution de tout premier plan aux théories qui sont à la base des deux systèmes précités. Nous avons voulu honorer sa mémoire en consacrant quelques pages à son œuvre de pionnier.

Un aspect spectaculaire des structures modernes, les charpentes tri-dimensionnelles ou réticulaires, est représenté dans ce numéro par un chantier expérimental américain. Ce système a été principalement étudié en France par l'ingénieur Robert Le Ricolais qui a entretenu nos lecteurs de ses travaux dans d'autres numéros et dont nous n'avons pu recevoir la contribution à temps pour publication dans ces pages.

En regard des études techniques, nous présentons des réalisations et des projets choisis parmi les plus récents ainsi que des exemples caractéristiques de structures contemporaines dans la mesure où ils n'ont pas déjà fait l'objet de publications antérieures dans L'Architecture d'Aujourd'hui ou dans notre édition « Aujourd'hui ».



IMMEUBLE PIRELLI, MILAN

BUREAUX D'ÉTUDES :

GIO PONTI, ARCH., A. FORNAROLI, ING., A. ROSSELLI, ARCH.

G. VALTOLINA, ING., E. DELL'ORTO, ING.

ÉTUDES DE STRUCTURES : P.-L. NERVI ET A. DANUSSO

Cet immeuble, siège de la Société Pirelli, est considéré comme le symbole futur de Milan, de sa puissance économique et de son extension. Ce sera le premier véritable gratte-ciel européen et la plus haute construction réalisée en béton armé. Ses 31 étages atteindront, en effet, une hauteur de 124 mètres.

Sa surface totale est de 7.000 m² dont 3.000 seront réservés aux circulations et parkings.

Une collaboration étroite dès la première étude entre les architectes et les ingénieurs Nervi et Danusso, de réputation mondiale, a permis d'aboutir à une véritable plastique architecturale, synthèse entre architecture et structure. « Je ne crois pas à l'architecture collective, comme je ne crois pas à la musique collective. Mais la collaboration à l'intérieur d'une architecture est tout autre chose dès que, ses caractères ayant été établis, l'effort en collaboration est réduit à l'obéissance aux lois de l'unité », a déclaré Gio Ponti.

Il précise également quelles sont les différentes idées qui prennent corps dans cet immeuble : la forme *définie*, c'est-à-dire la composition en opposition avec le *rythme sans fin* par répétition d'éléments ; l' « essentialité », c'est-à-dire la construction réduite à l'essentiel ; l'invention structurale ; le caractère représentatif ; la fantaisie, l'aspect lumineux nocturne, qui est le nouveau visage de l'architecture ; l'organisation fonctionnelle du travail, l'inaltérabilité des matériaux. Enfin, le développement en hauteur est incontestablement justifié sur le plan urbain par la récupération de l'espace au sol au bénéfice des circulations et parkings importants en regard de telles constructions.

On a abandonné ici le principe de la structure orthogonale classique avec travées, poutres, poteaux et planchers en repensant le problème dans son entier. La conception, entièrement nouvelle, a été rendue possible par l'utilisation des techniques du béton armé précontraint qui, en même temps qu'elles donnent une forme à l'édifice, lui confèrent une sorte de « tension » rendue visuellement perceptible. La structure est essentiellement composée de quatre éléments porteurs : deux structures monolithes en pignons formant caisson vertical et deux plans porteurs, formés par une sorte d'arbre, dont les quatre troncs, groupés au départ, s'affinent et s'écartent au fur et à mesure qu'ils montent.

Les planchers sont constitués par une membrane horizontale sans poutres ni retombées, raidies par les ensembles des gaines de circulation verticales traitées en voiles de béton armé. Des essais sur maquette de 10 m. de haut ont été effectués pour éprouver la structure. La synthèse totale entre structure et architecture imprime à ce bâtiment un dynamisme et une plastique plus raffinée que celle d'un simple prisme dont l'ossature, anonyme ou apparente, est dérivée de son ancêtre la charpente en bois. De cette conception découle l'aspect architectural qui oppose la puissance des pleins des éléments pignons aux grands pans vitrés, à la préciosité des panneaux d'aluminium et du verre, au droit des dalles de plancher horizontales, les deux grands portiques étant nettement accusés en façade.

Les changements de section importants interviennent au rez-de-chaussée, quinzième et trentième étages. La concentration des points porteurs, au lieu de leur dissémination habituelle, est remarquable ; le contreventement est assuré par les pignons en épis de forme triangulaire.

Les entrées se font à trois niveaux : entrée souterraine des automobiles au-dessus de laquelle est jeté un pont au niveau du sol ; enfin, entrée au niveau de l'esplanade.

Les surfaces intérieures se caractérisent par l'utilisation totale des espaces et la souplesse de leurs divisions grâce à des cloisons mobiles.

1

LES REALISATEURS.

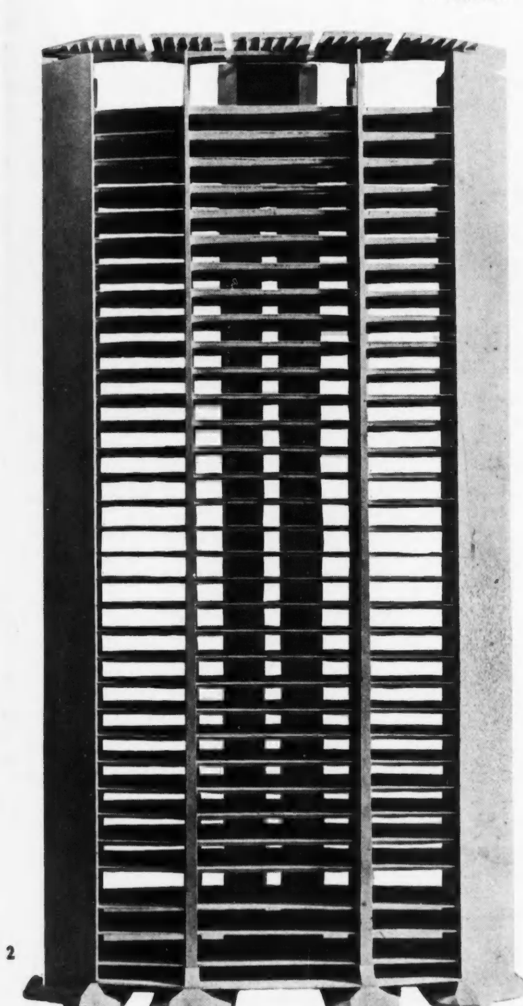
Giuseppe Valtolina est un éminent technicien qui a présidé à la mise en projet et à l'organisation d'un grand nombre d'ouvrages d'architecture en Italie et à l'étranger. Ses activités se sont étendues à l'Espagne, à la France, à l'Argentine, au Brésil, au Canada et au Mexique. Il est bien connu à Milan où il a réalisé l'immeuble de bureaux de la Société S.I.R.T.I. et où il joue un rôle de premier plan dans les conseils de la Société Pirelli.

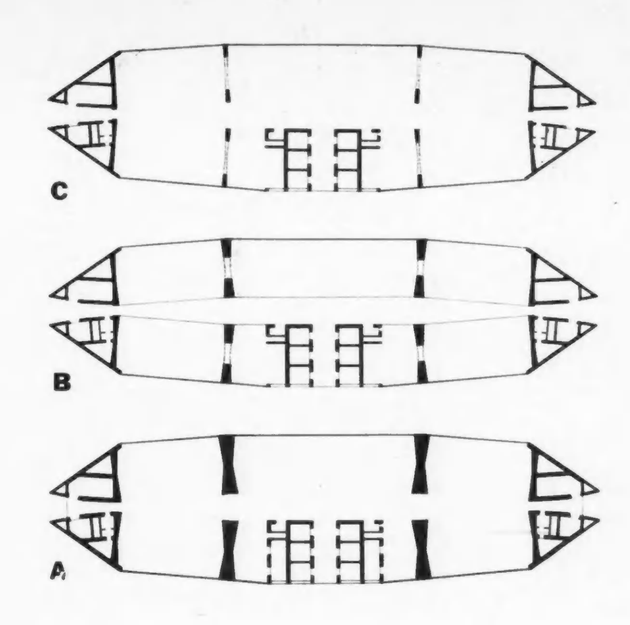
Gio Ponti est connu comme directeur de Domus et comme réalisateur de nombreuses œuvres parmi lesquelles il faut citer celles qu'il exécuta pour la Société Montecatini (v. A.A. n° 48) et pour la Société Edison.

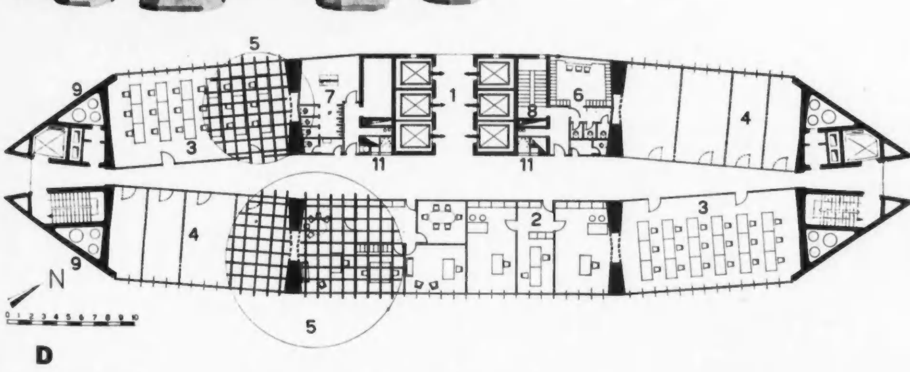
A ses côtés, l'ingénieur Fornaroli apporte l'aide précieuse de son expérience, Alberto Rosselli est un jeune architecte, auteur de plusieurs réalisations intéressantes, surtout dans le domaine du dessin industriel. Il est directeur de la revue « Stile e Industria ».

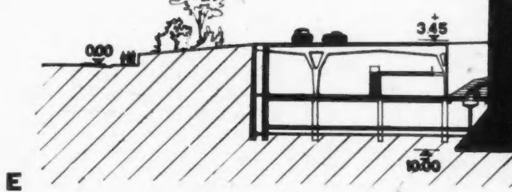
Les ingénieurs Nervi et Danusso sont bien connus.

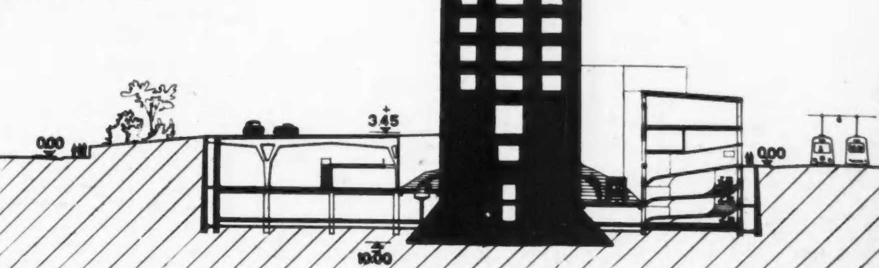
V. VIGANO.











1. Vue de la maquette d'ensemble. 2. Vue de la maquette montrant la structure.

PLANS :

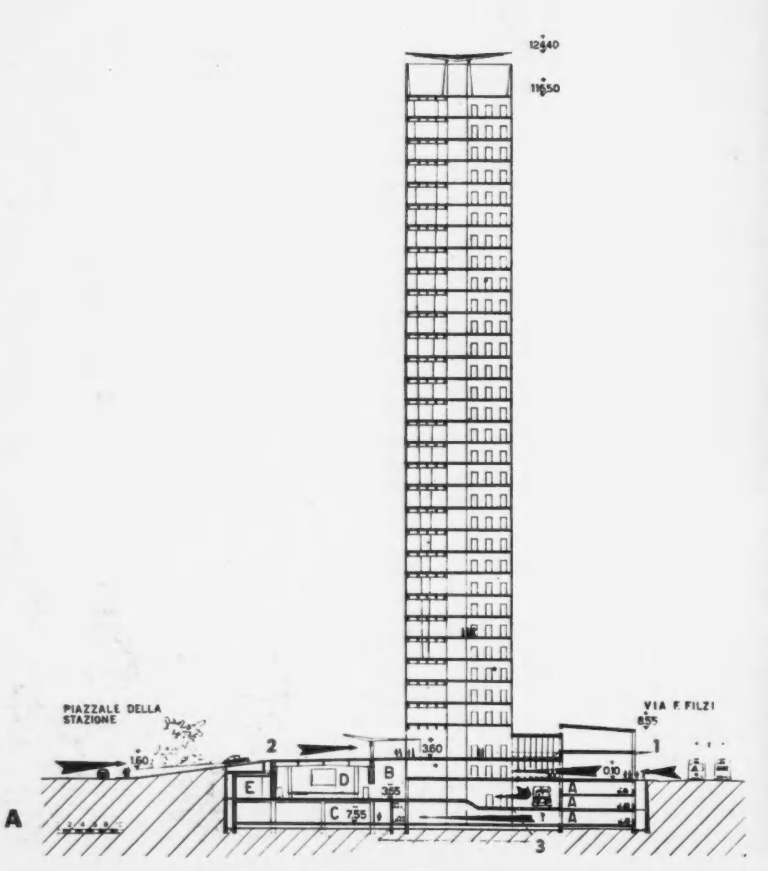
A. Rez-de-chaussée. B. Quinzième étage. C. Trentième étage.

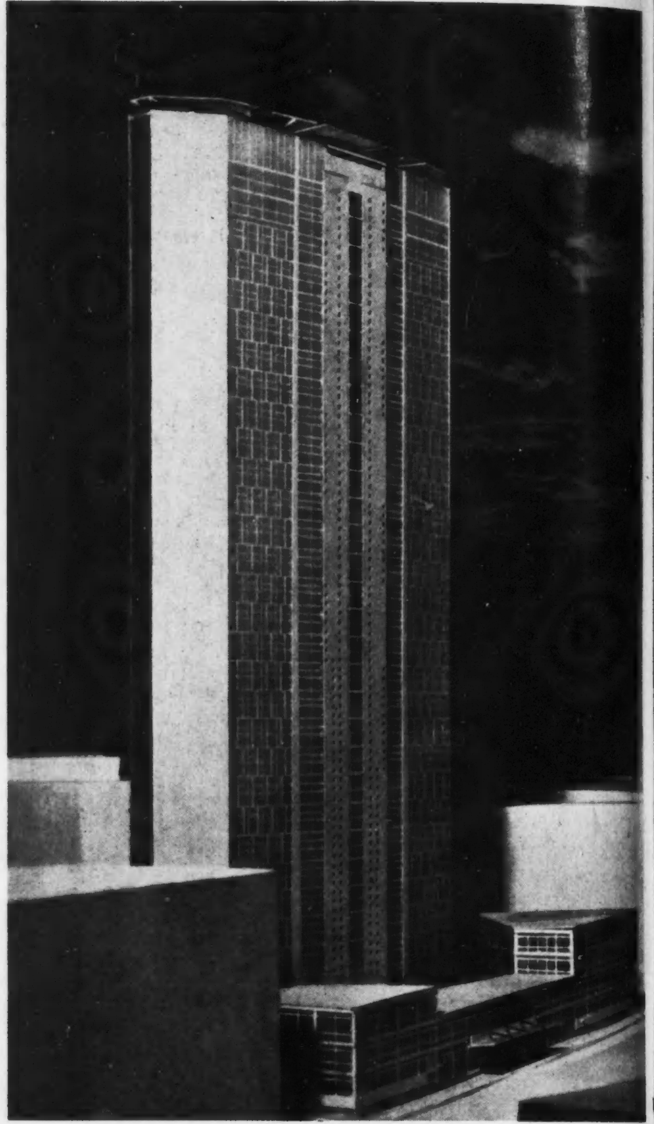
D. Exemple de répartition de l'espace dans un étage type : 1. Ascenseur. 2. Petits bureaux. 3. Grande salle. 4. Petits bureaux. 5. Module de 95 × 95 sur lequel se font les subdivisions. 6 et 7. Toilettes. 8. Escalier intérieur. 9. Conduits verticaux de conditionnement près de l'escalier et de l'ascenseur de secours. 11. Monte-charge.

E. Coupe montrant les quatre éléments porteurs de la structure qui s'affinent et s'écartent au fur et à mesure qu'ils montent.

QUELQUES CHIFFRES

Terrain	7.200	m²
Circulations et parkings	3.650	m²
Espaces verts	760	m²
Constructions diverses	1.627	m³
Surface au sol du gratte-ciel	1.050	m²
Hauteur du gratte-ciel	124,40	m
Longueur du gratte-ciel	68	m
Largeur au centre du gratte-ciel	18	m²
Surface utile par étage	590	m²
Surface utile totale	17.533	m²





3

[illegible]



3. Plan-masse.

C. Plan du niveau [illegible]

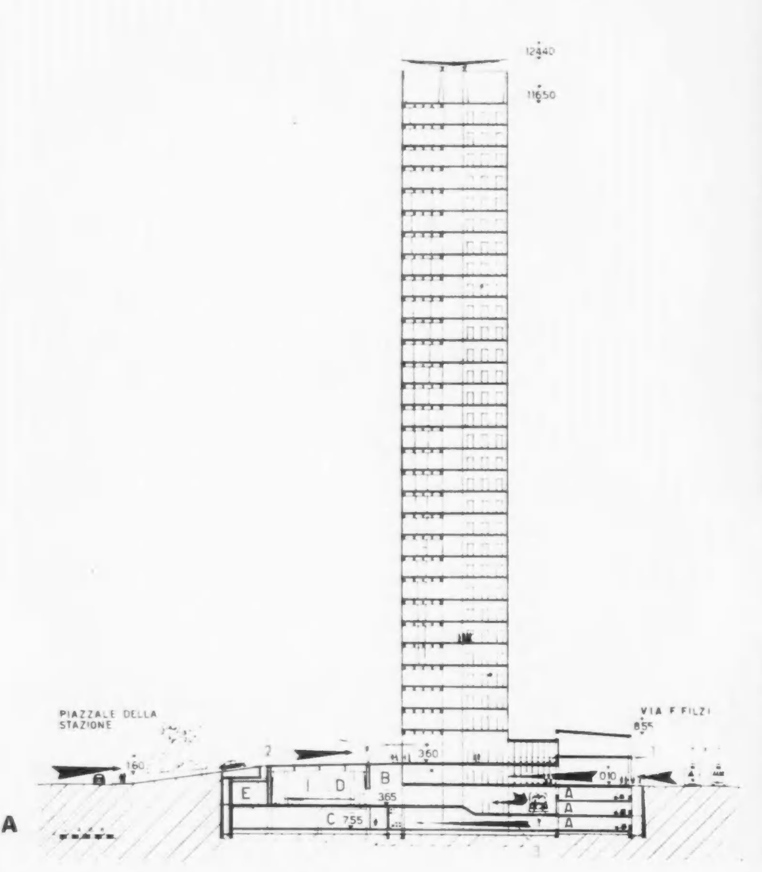
3

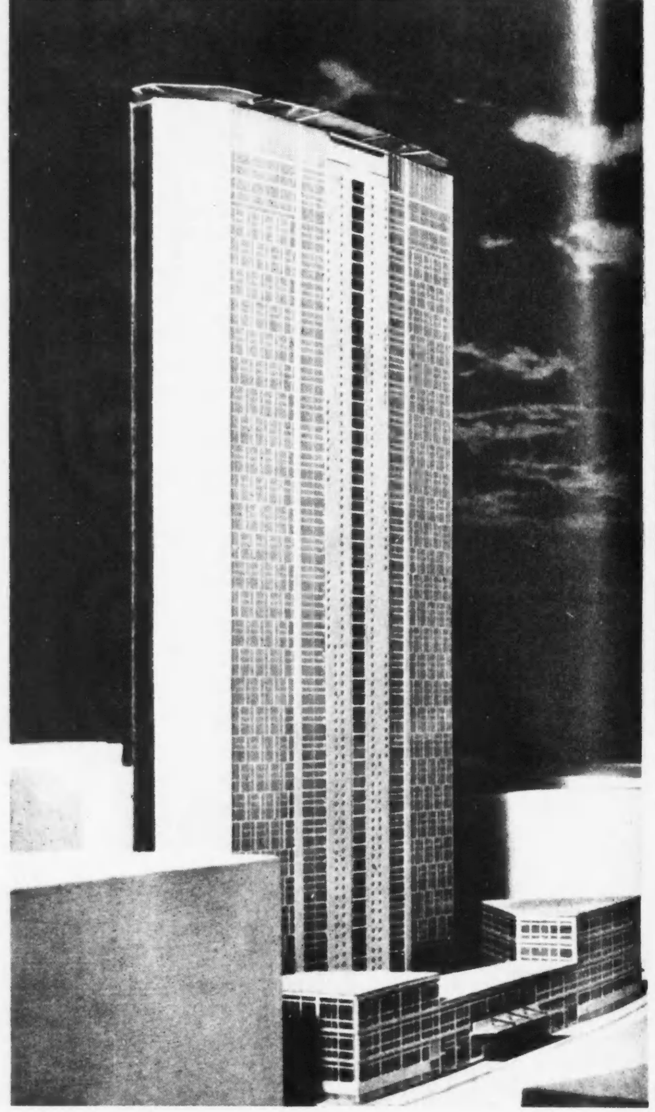
[illegible] Plan du niveau [illegible] des congressistes. 1. 3. Sténographie. 2. à 3. [illegible] 6. Entrée auditorium. [illegible] Hall. 12 et 13. [illegible]

[illegible] Plan du niveau d'entrée du public. 1. [illegible] 3. Hall d'entrée. 5. Ascenseurs. 2, 4, et 6. Espaces prévus pour des destinations spéciales. [illegible] Parking [illegible] 1.800 m2 9. Entrée des voitures. 10. Entrée des [illegible] tons. 18. Partie située à un niveau inférieur.

QUELQUES CHIFFRES

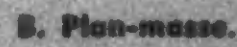
Terrain	7.200	m
Circulations et parkings	3.650	m
Espaces verts	760	m
Constructions diverses	1.627	m
Surface au sol du gratte-ciel	1.050	m
Hauteur du gratte-ciel	124,40	m
Longueur du gratte-ciel	68	m
Largeur au centre du gratte-ciel	18	m
Surface utile par étage	590	m
Surface utile totale	17.533	m





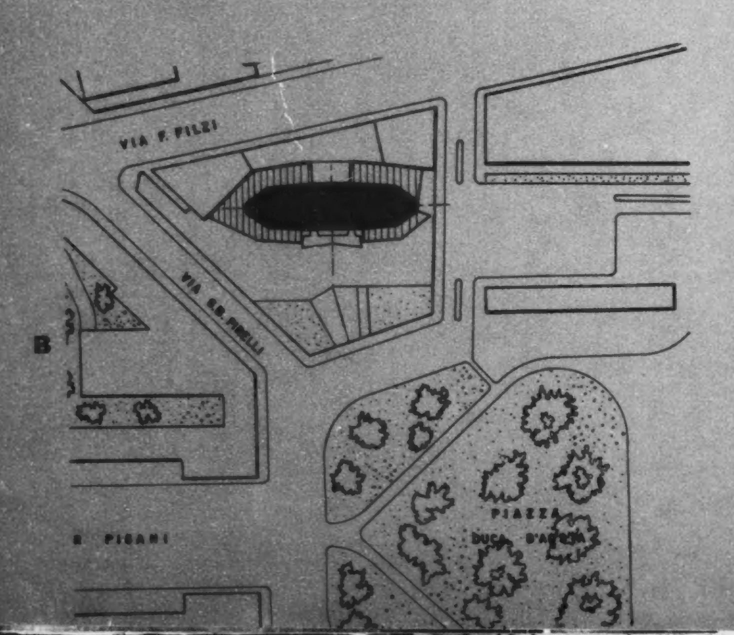
1. Façade postérieure. 2. Vue de nuit. 3. Détail de la façade principale.

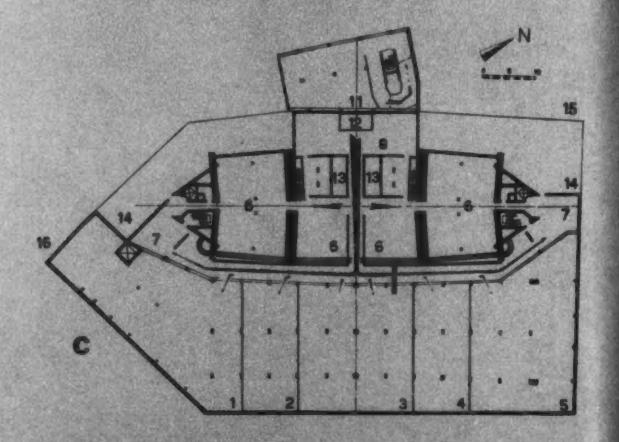
A. Coupe transversale correspondant aux cages d'ascenseurs et montrant le mécanisme des trois entrées : 1. Entrée des employés. 2. Entrée du public à 3,60 m. au-dessus du sol par une place surélevée vers la gare. 3. Accès des camions pour l'apport de matériel, à 4,90 m. au-dessous du sol. A. Dépôt des scooters. B. Communication. C. Equipement mécanique. D. Auditorium de 600 places.

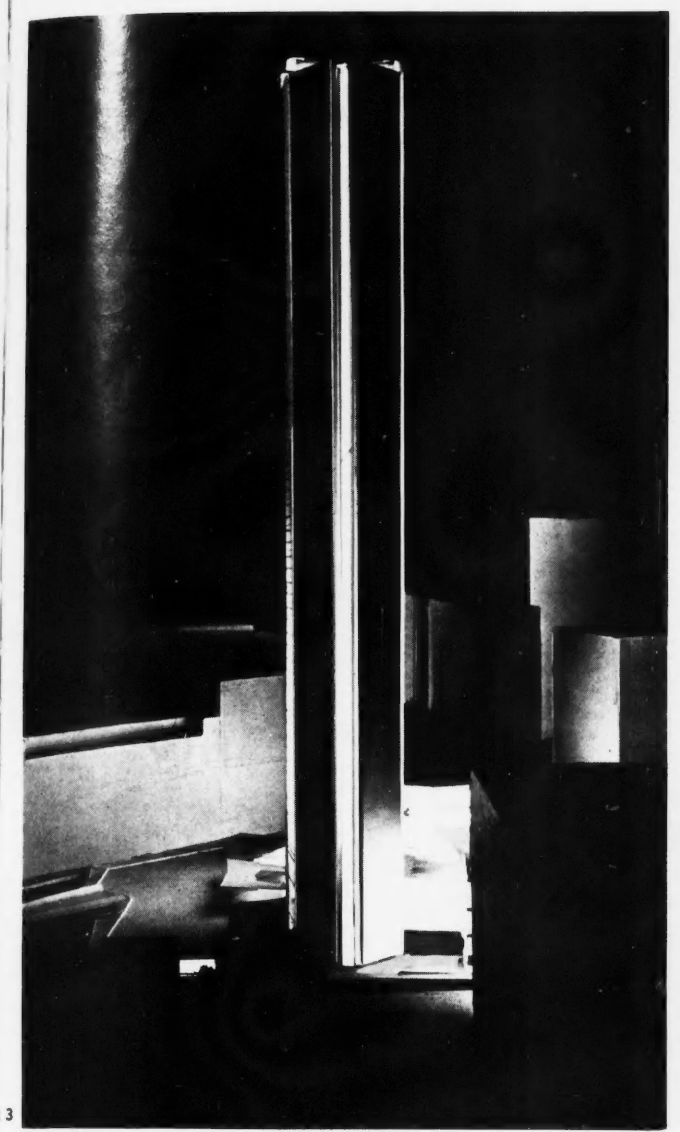


B. Plan-masse.

C. Plan du niveau inférieur : 1. à 5. Equipement mécanique. 6. Dépôts. 11. Dépôt scooters. 12. Descente camions.

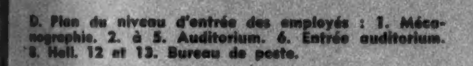






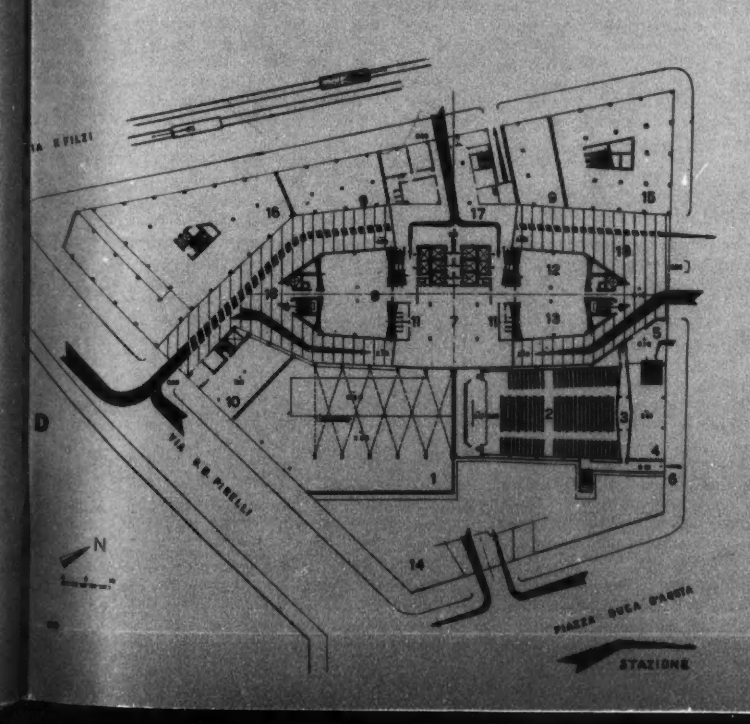


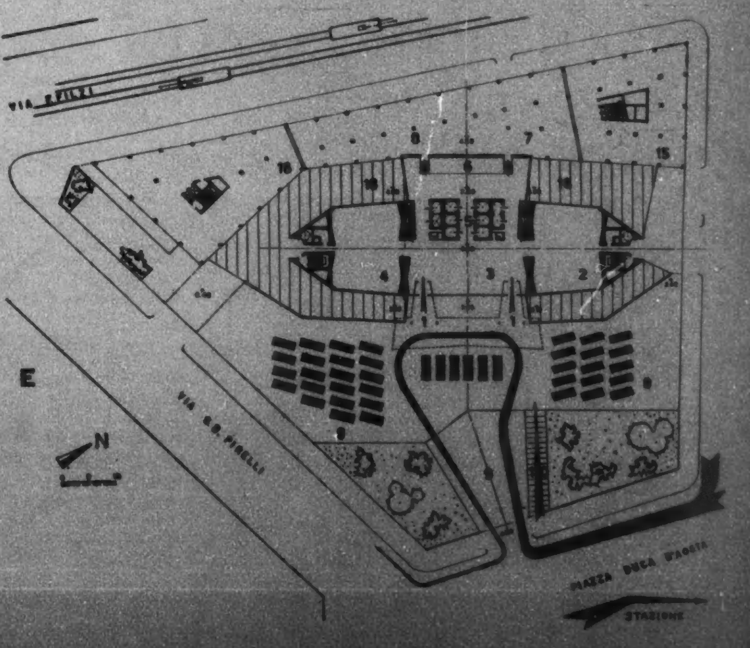
2 3

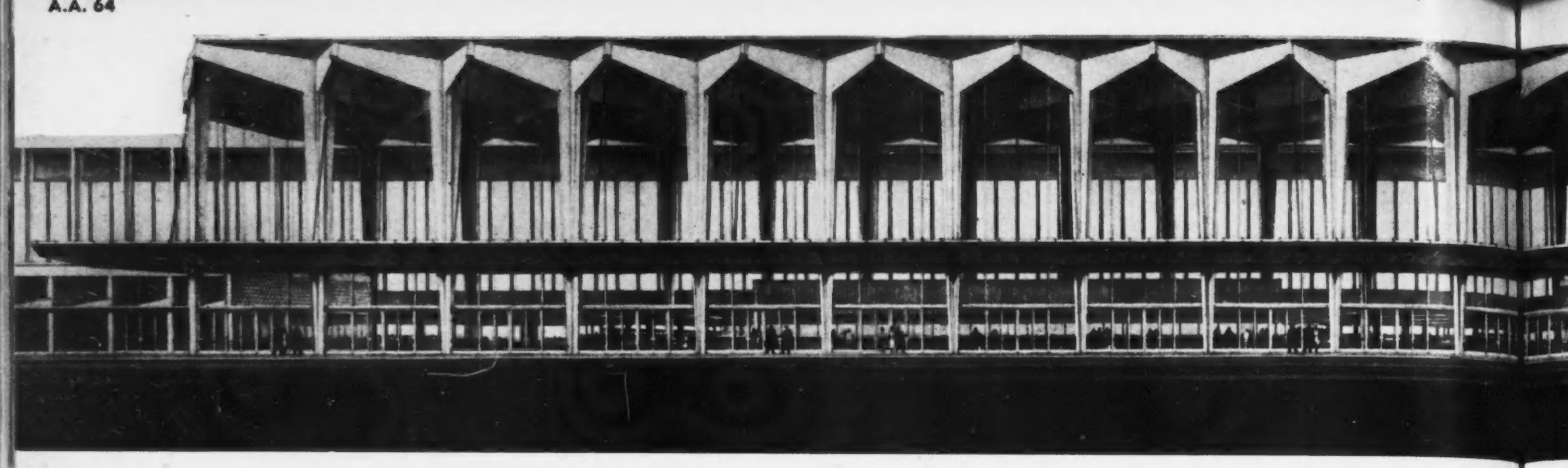


D. Plan du niveau d'entrée des employés : 1. Mécanographie. 2. à 5. Auditorium. 6. Entrée auditorium. 8. Hall. 12 et 13. Bureau de poste.

E. Plan du niveau d'entrée du public : 1. Pont. 3. Hall d'entrée. 5. Ascenseurs. 2. 4. et 6. Espaces prévus pour des destinations spéciales. 8. Parking de 1.800 m2 9. Entrée des voitures. 10. Entrée des piétons. 18. Partie située à un niveau inférieur.







CONCOURS POUR LA GARE DE NAPLES

Plan de la place de la gare : en grisé, la gare actuelle ; en quadrillé, l'emplacement des futurs bâtiments.

Les Chemins de Fer Italiens ont lancé récemment un concours pour doter la ville de Naples d'une gare terminus moderne en remplacement d'un bâtiment existant suranné et ne répondant plus aux problèmes posés par le trafic ferroviaire moderne.

A plusieurs reprises déjà, les Chemins de Fer Italiens ont fait preuve de hardiesse en créant un certain nombre de gares qui comptent parmi les plus modernes en Europe. Telles celle de Florence en 1934. celle de Rome (v. *A.A.* n° 48) réalisée récemment, celle de Venise en cours de finition.

Le programme proposé aux concurrents est sensiblement analogue à celui de la gare de Rome. Il s'agit d'une gare terminus du type frontal formant fond d'une grande place existante (actuellement occupée par l'édifice à remplacer) et demandant la création d'un hall des voyageurs avec les différentes annexes et un building de bureaux. Il était également demandé aux concurrents de projeter l'aménagement de la place de la gare, l'étude des circulations tant en surface que souterraines (métro). Trois projets ont été classés *ex-æquo* et leurs auteurs appelés à présenter un nouveau projet pour l'exécution.

Il nous a paru particulièrement intéressant, dans le cadre d'un numéro consacré aux structures, de montrer l'importance de celles-ci dans le cas de l'étude d'une architecture représentative et de montrer la variété des solutions techniques envisagées par les architectes italiens.

En ce qui concerne le parti de masse, on notera que tous les projets primés et les meilleurs envois ont opté, malgré le désir des organisateurs, pour la séparation du building de bureaux des constructions de la gare proprement dite. L'effet de masse et de fond de place obtenu à Rome par la création d'un grand mur devant lequel se détache, comme un accent, l'entrée de la gare, ne s'imposait pas ici du fait de la visibilité du Vésuve depuis la place que les meilleurs projets ont préféré laisser à découvert.

PROJET NERVI, M. CAMPANELLA, INGENIEURS G. VACCARO, ARCHITECTE

Le projet de cette équipe est sans doute le plus monumental et aurait probablement beaucoup plu à Auguste Perret. La proportion du grand hall sur la place est grandiose. C'est une ossature assez stricte formée de portiques se croisant sur une trame de rhombes. Le grand hall des guichets a été séparé plastiquement du hall d'accès aux quais. Il est cependant regrettable que celui-ci ait conservé la même hauteur alors que son ossature n'est pas du même type que l'impressionnante structure donnant sur la place. Le projet aurait sans doute gagné par une différenciation de ces deux volumes, ce qui aurait donné plus d'échelle encore au hall principal. Celui-ci comporte, du côté de la place, un auvent suspendu à des câbles apparents fixés aux consoles de la structure de couverture.

PROJET BATTAGLINI, C. CAMELI, M. LOMBARDI, ARCHITECTES, U. VIALE, INGENIEUR

Ce projet prévoit une longue structure assez basse couvrant le hall des guichets et des quais. Le bâtiment des bureaux est rejeté en position nettement latérale et presque invisible depuis la place. La puissante structure est composée de fermes en béton armé équilibrées sur quelques points d'appui avec des systèmes de consoles à inclinaisons diverses. C'est une technique qui joue avec les cantilevers d'une façon extrêmement élégante.

PROJET COCCHIA, BARINCI, PICCINATO, DE LUCA, F.B. ZEVI, ARCHITECTES

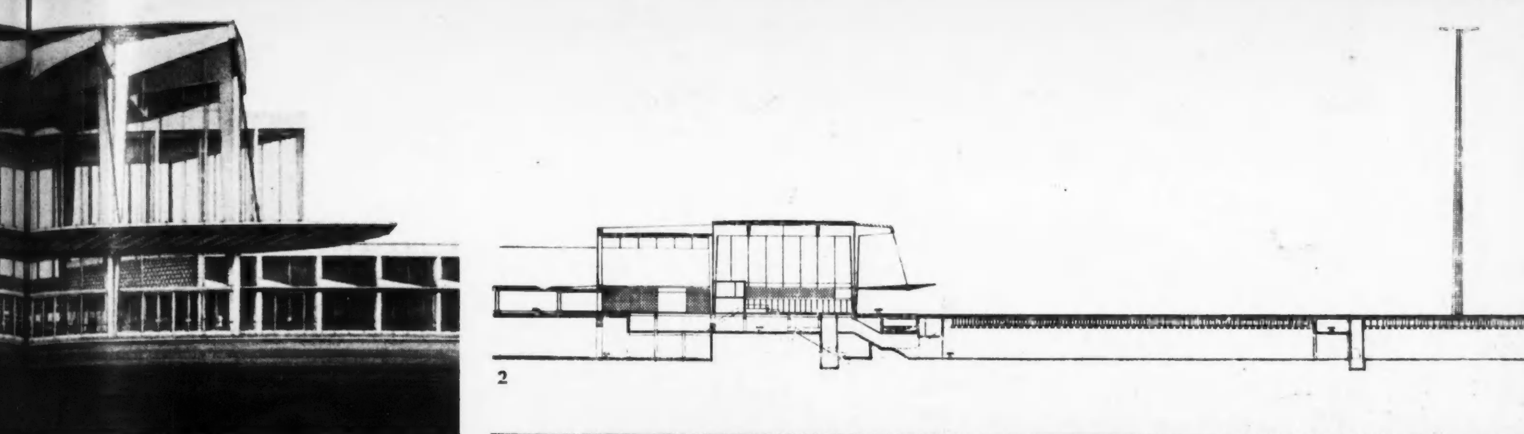
Ce projet, moins pur dans ses masses, surtout en ce qui concerne le building des bureaux désarticulé en plusieurs corps de bâtiment autour d'une cour intérieure et dont la liaison plastique avec le hall de la gare est peu ferme, est néanmoins intéressant par l'adoption d'une architecture à dominante en nid d'abeilles que l'on retrouve aussi bien dans le building que dans le système de couverture des halls. Ceux-ci sont des voûtes du type demi-cylindrique mais à pans coupés portées sur trois travées de points d'appui du type traditionnel et projetées vers la place en formant auvent.

PROJET CASTIGLIONI, SIANESI, BONGIOANNI

Ce remarquable projet n'a pas été retenu, mais a obtenu une mention en raison de sa hardiesse tout à fait exceptionnelle. Sans doute le jury a-t-il hésité à faire tenter l'expérience d'une telle construction, inédite dans sa conception. Il a été néanmoins, et à juste titre, fortement impressionné par sa brillante conception spatiale.

Le projet se compose de deux éléments nettement distincts formés, d'une part, par le bloc des bureaux d'une facture assez conventionnelle et, d'autre part, par une extraordinaire couverture établie sur le plan d'une trame hexagonale et recouvrant un espace considérable aménagé librement selon les nécessités de l'organisation intérieure de la gare.

La structure se compose ici d'une série de tripodes reposant sur la pointe de dés et supportant un système de voiles en calotte avec des ouïes formant lanterneaux d'éclairage. Il s'agit ici d'une utilisation tout à fait nouvelle de voûtes en voile mince, probablement réalisable au stade actuel de la technique du précontraint, mais qui poserait sans doute un certain nombre de problèmes dans le cas d'une réalisation qui mériterait d'être tentée à titre expérimental. L'architecte Castiglioni, auteur plus spécialement de cette forme de structure, l'a d'ailleurs envisagée pour un projet fort intéressant d'église que nous publierons prochainement.



1

2

PROJET P.-L. NERVI, M. CAMPANELLA, INGÉNIEURS
GUISEPPE VACCARO, ARCHITECTE

Hall symétrique avec guichets des billets dans l'axe de la place. Service des bagages contigu à celui des marchandises. Les autres services publics sont groupés sous l'immeuble des bureaux. Portiques croisés sur trame rhomboïdale.

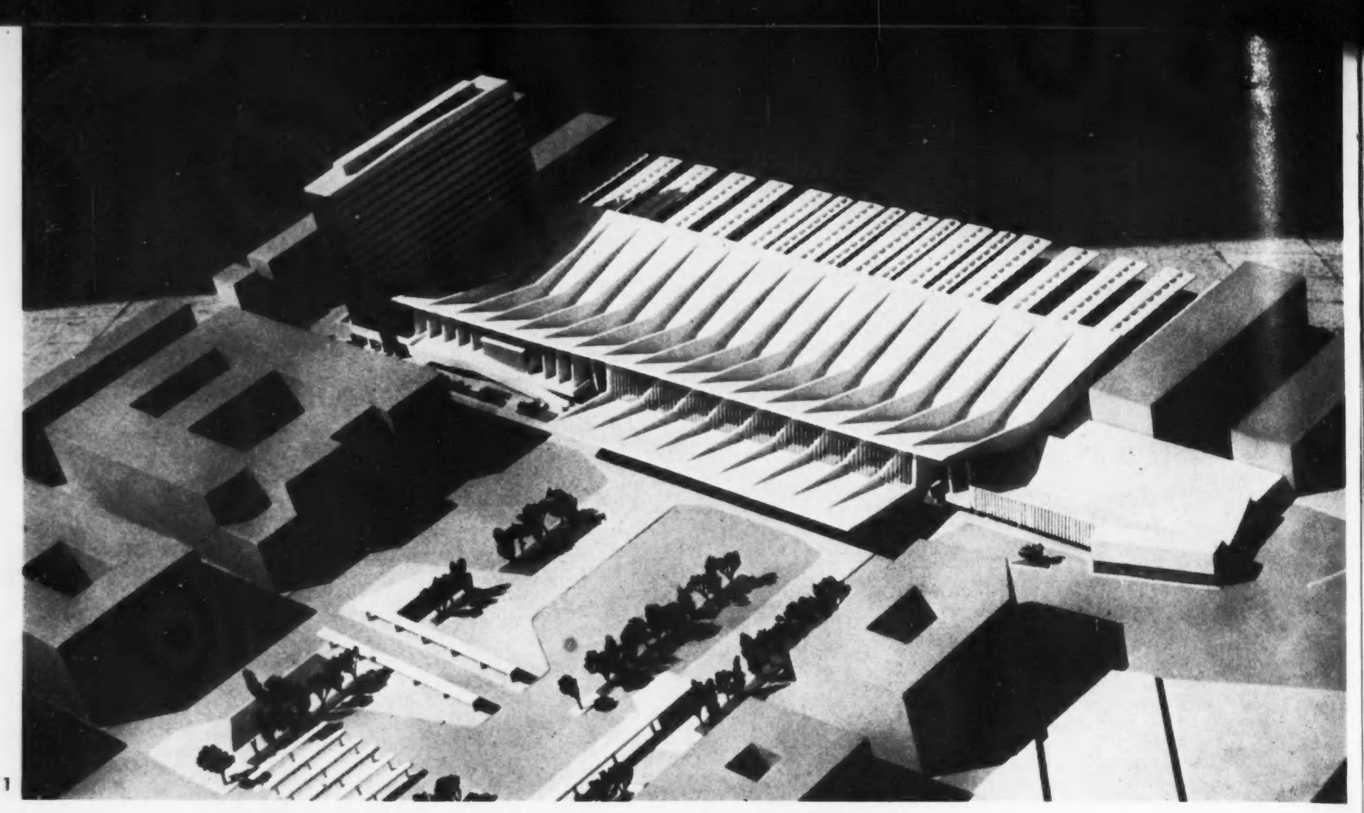


1. Maquette de la façade. 2. Coupe transversale. 3. Perspective intérieure du hall. 4. Plan. 5. Coupe longitudinale.

3

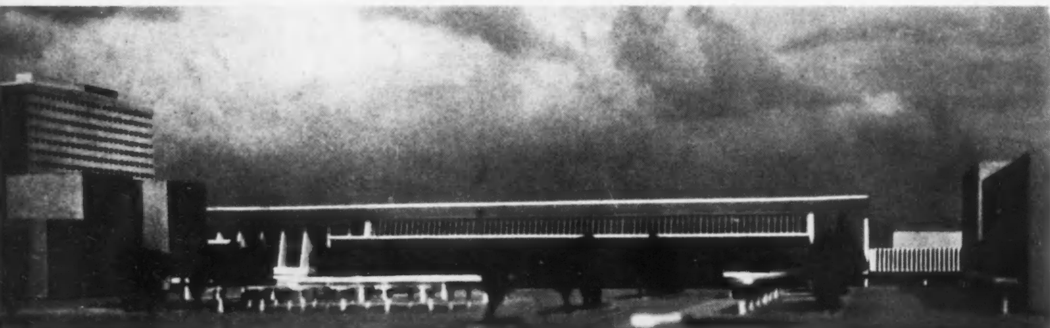
4

5



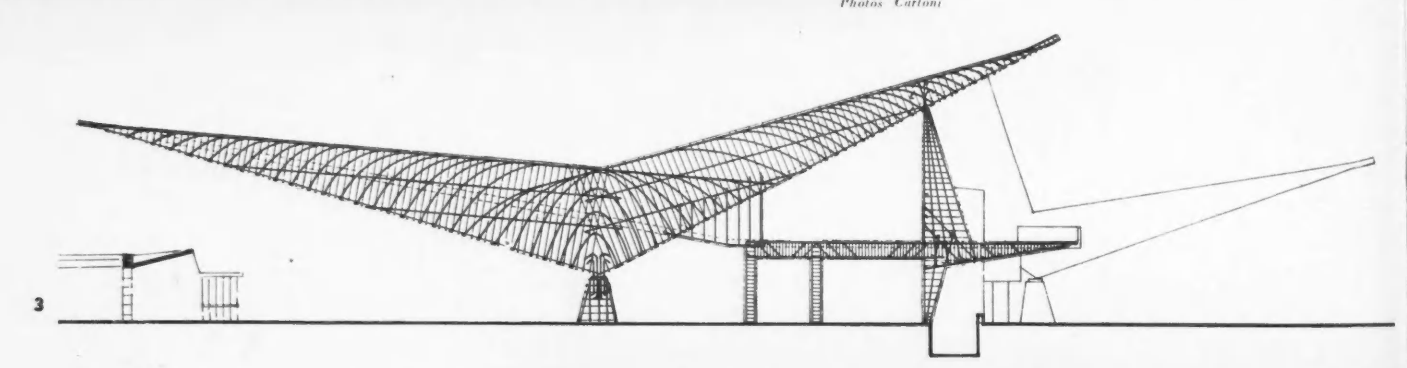
1

2



PROJET BATTAGLINI, CAMELI, LOMBARDI, VIALE

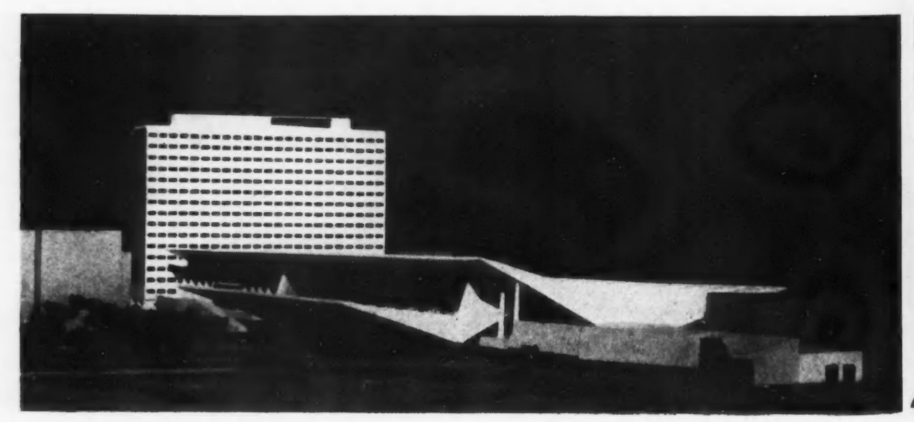
Photos Cartoni



3

On a séparé le hall de départ du hall d'arrivée par un bâtiment abritant les services de renseignements, change, poste et tourisme...

Fermes en béton armé équilibrées sur quelques points d'appui avec système de consoles à inclinaisons diverses.

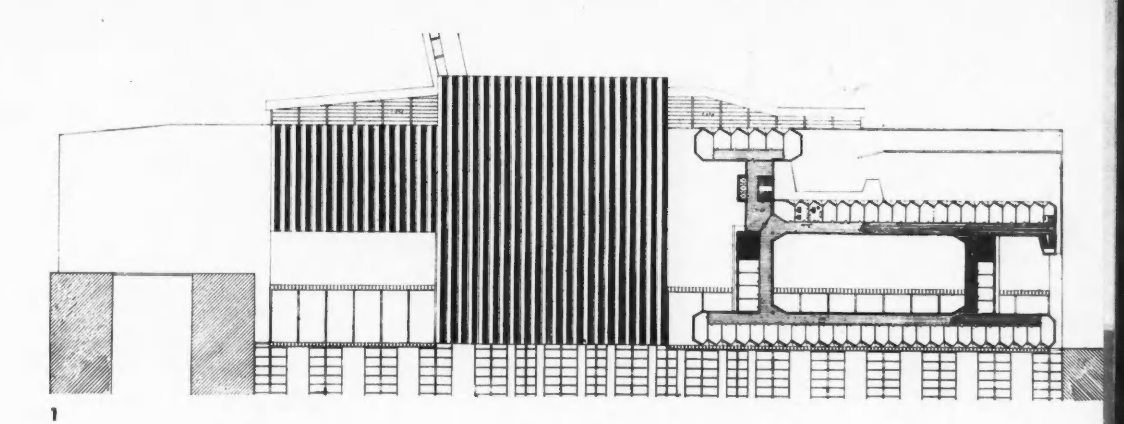


4

1. Vue d'ensemble de la maquette. 2. Façade des bâtiments vers la place. 3. Coupe. 4. Vue latérale des bâtiments.

CONCOURS POUR LA GARE DE NAPLES

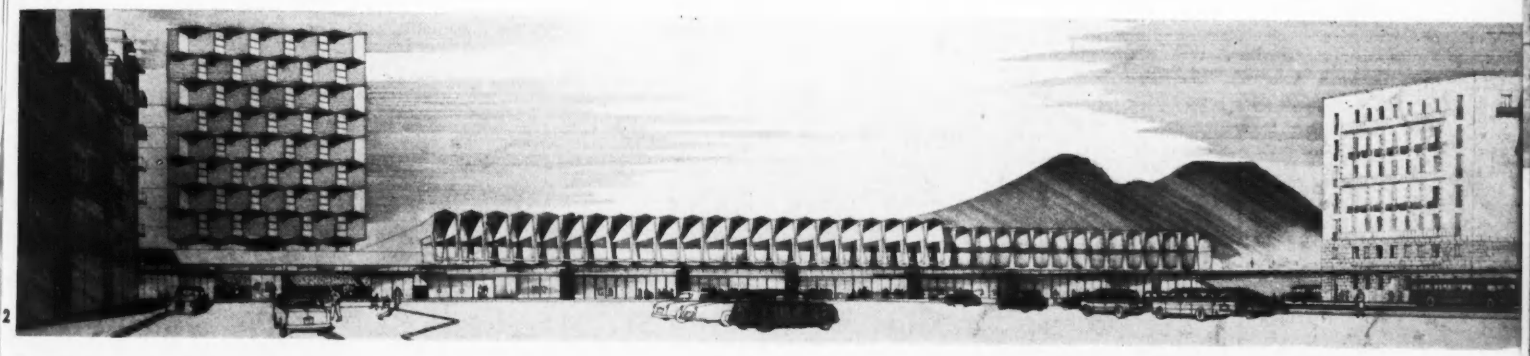
PROJET PICCINATO, BARINCI, COCCHIA, DE LUCA, ZEVI



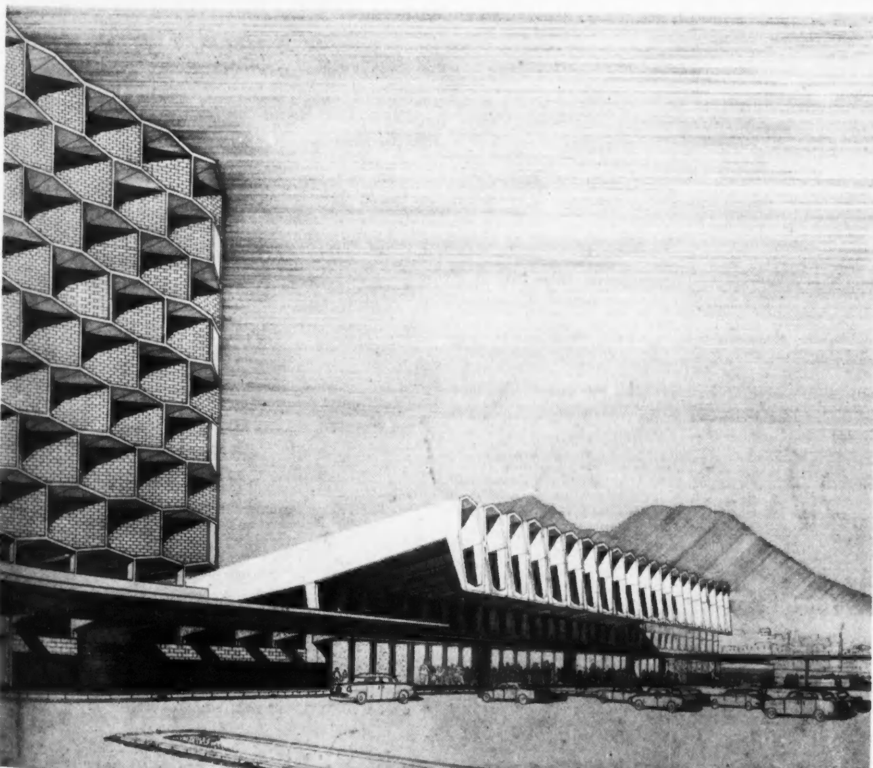
1

La partie centrale du hall est laissée libre pour les circulations arrivée et départ, les guichets étant groupés sur le côté. Bâtiment de bureaux orienté Nord-Sud.

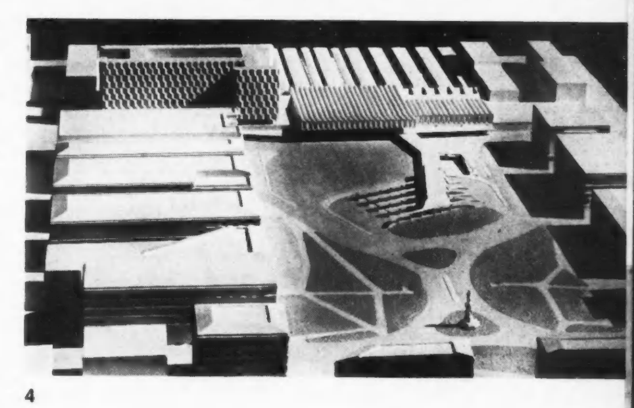
Adoption d'un système en nids d'abeilles. Couverture du hall par voûtes demi-cylindriques à pans coupés portées sur trois travées de points d'appui.



2

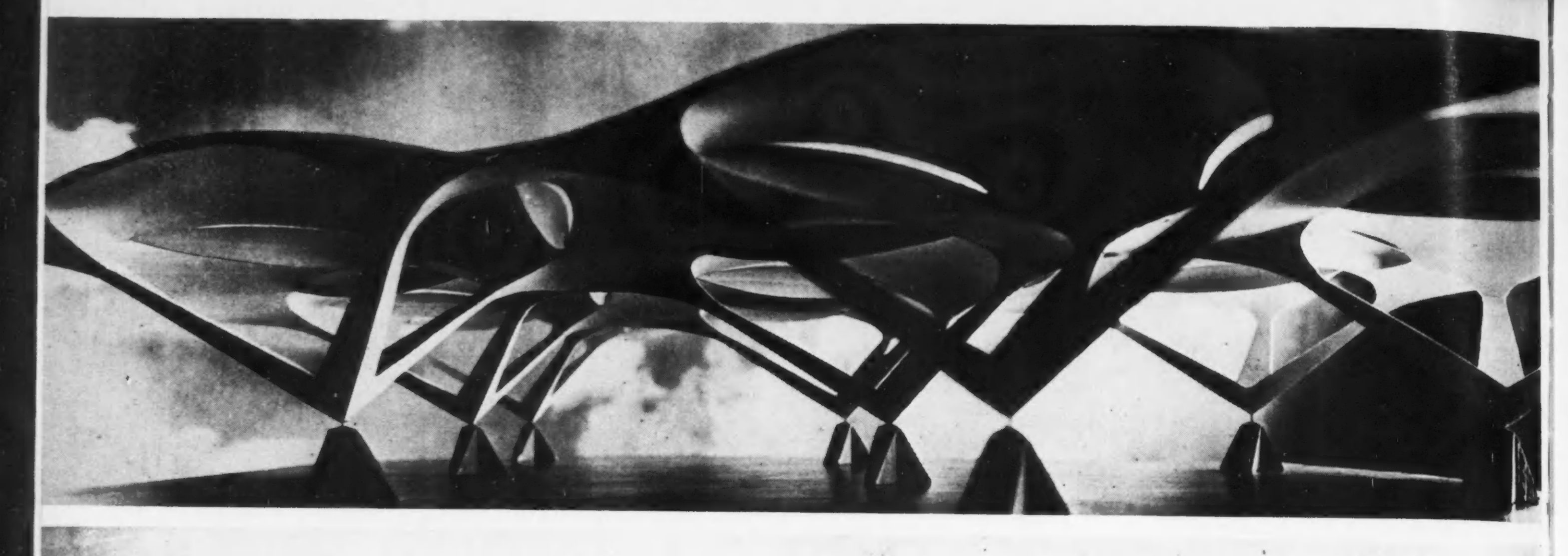


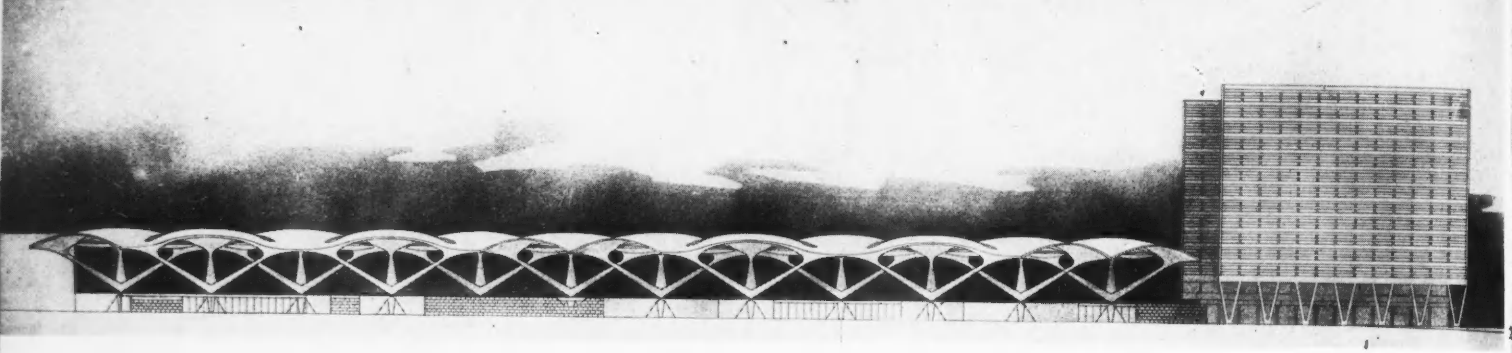
3



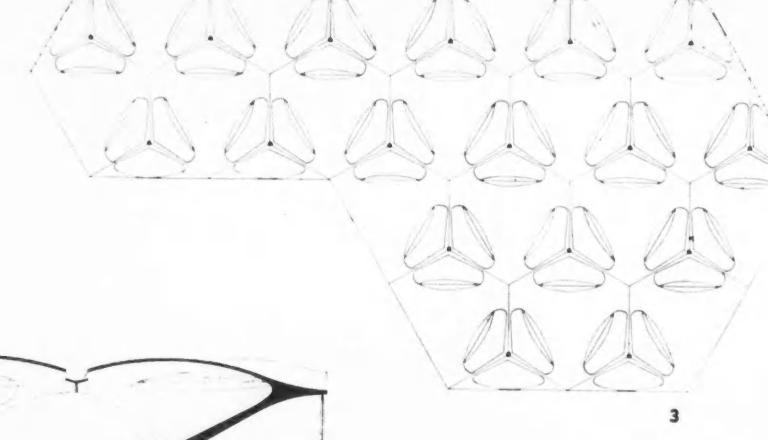
4

1. Plan. 2. Façade. 3. Perspective. 4. Vue d'ensemble de la maquette.

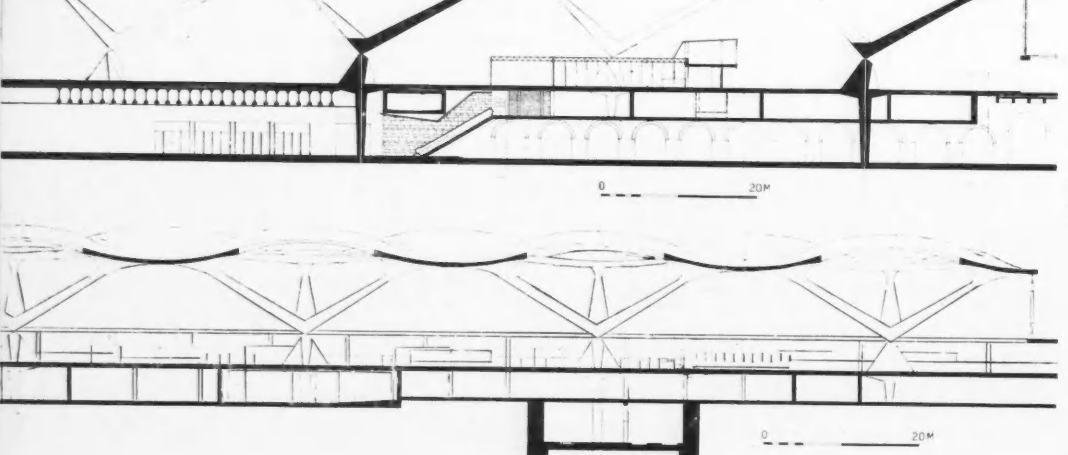




PROJET CASTIGLIONI, BONGIOANNI, SIANESI



3

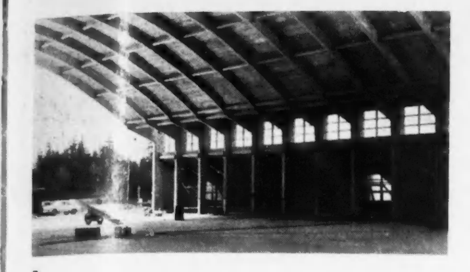


4

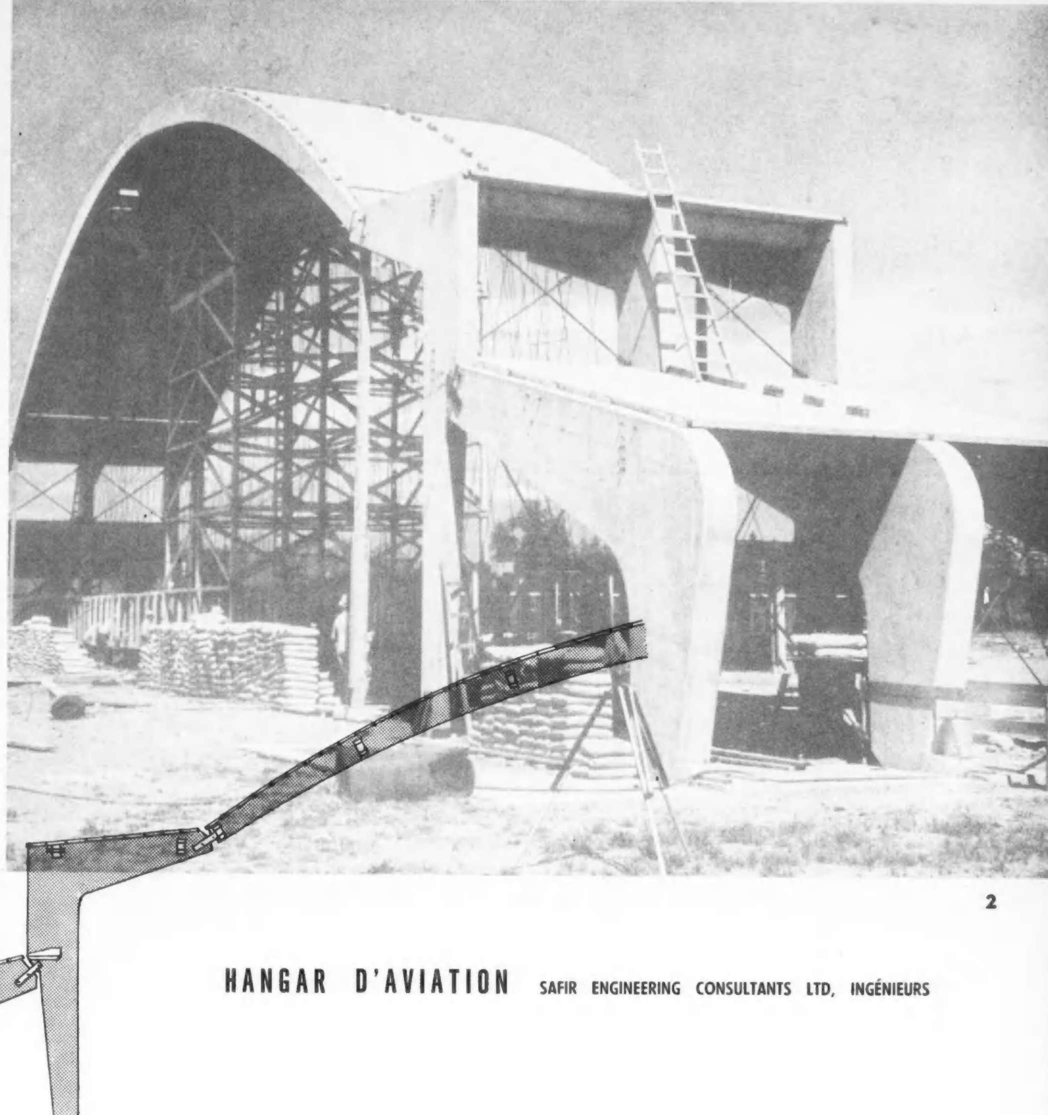
5

Couverture établie sur trame hexagonale laissant un espace pouvant être réparti librement. Structure composée d'une série de tripodes reposant sur la pointe d'un dé support et servant d'appui à un système de voiles en calotte avec ouïes formant lanterneau d'éclairage.

1. Vue de la maquette. 2. Perspective. 3. Plan. 4. Coupe transversale. 5. Coupe longitudinale.



1



2

Ce hangar a été construit pour la Royal Canadian Air Force en éléments entièrement préfabriqués assemblés à sec. Portée de la partie centrale de 130' (près de 40 m.) à laquelle s'ajoutent deux parties latérales de 18' (5,50 m. environ), permettant d'atteinde une longueur totale de 160' (50 m. environ). Hauteur à la clé : 38' (11,60 m. environ). Hauteur des poteaux de soutien : 20' (6 m. environ). Surcharge de neige de 60 kg/m² environ et une pression du vent de 45 kg/m².

La stabilité latérale est assurée par des nervures de raidissage entre fermes et par des tirants en croix dans les deux travées centrales (voir photo 2).

Le hangar fut préfabriqué par dix-huit hommes en trente jours et monté par dix hommes en vingt-huit jours.

Prix de revient : 50 dollars environ au mètre carré couvert.

1. Vue intérieure. 2. Vue en cours de montage (on aperçoit les tirants de contreventement). 3. Coupe. 4. Vue de la structure en cours de montage.

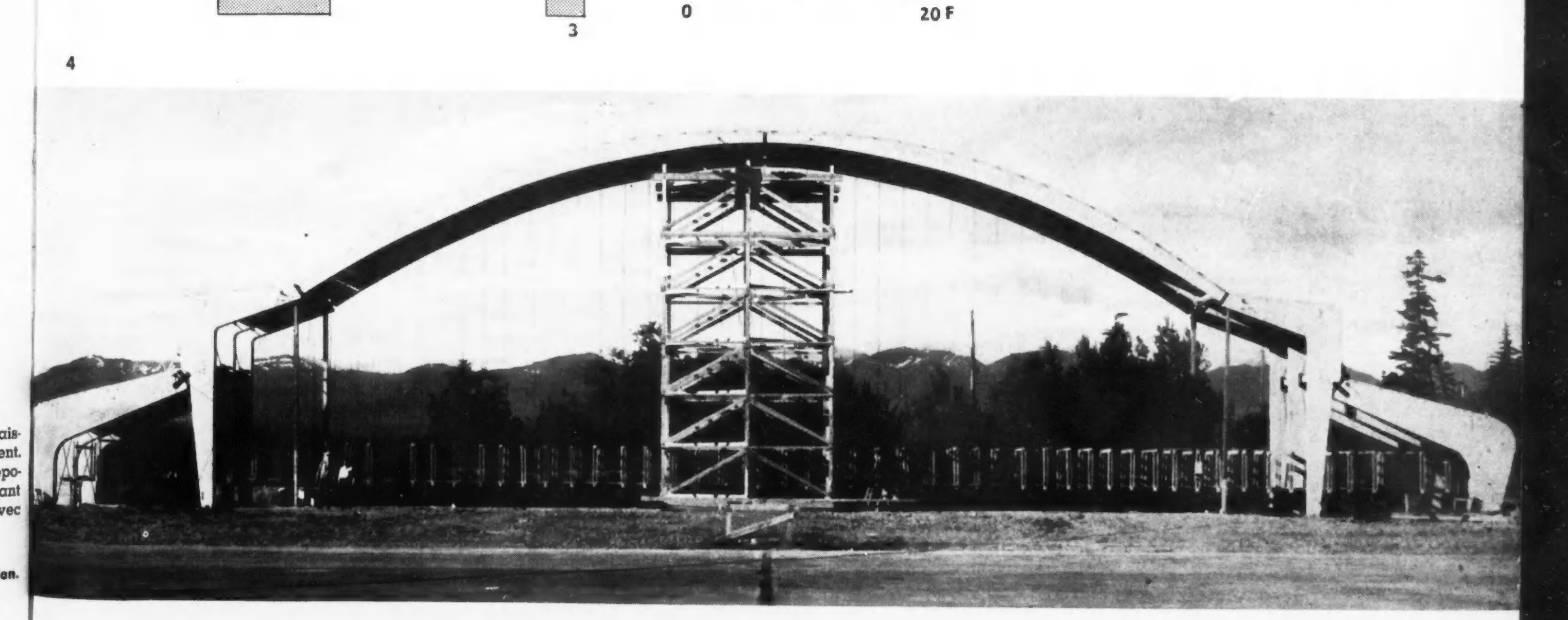
HANGAR D'AVIATION

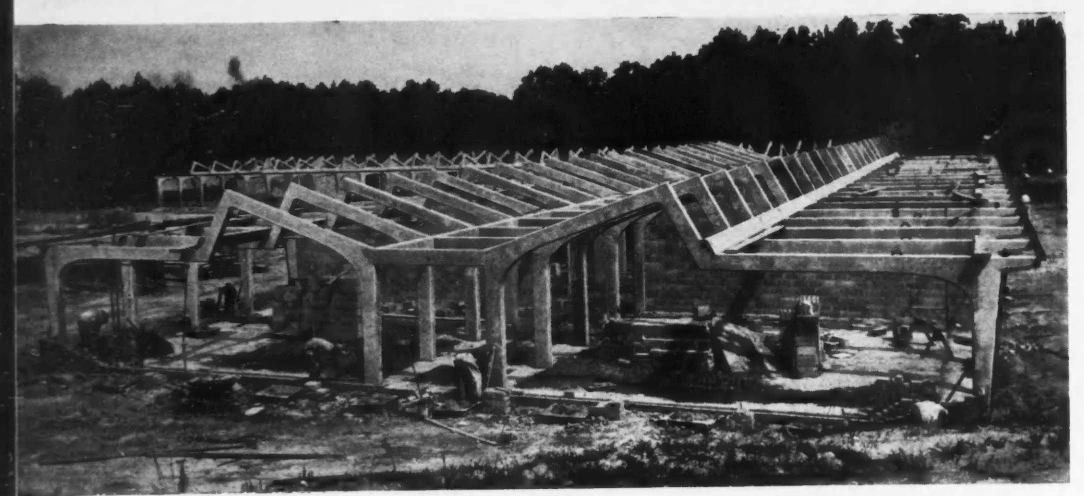
SAFIR ENGINEERING CONSULTANTS LTD, INGÉNIEURS

0 6 M
0 20 F

3

4





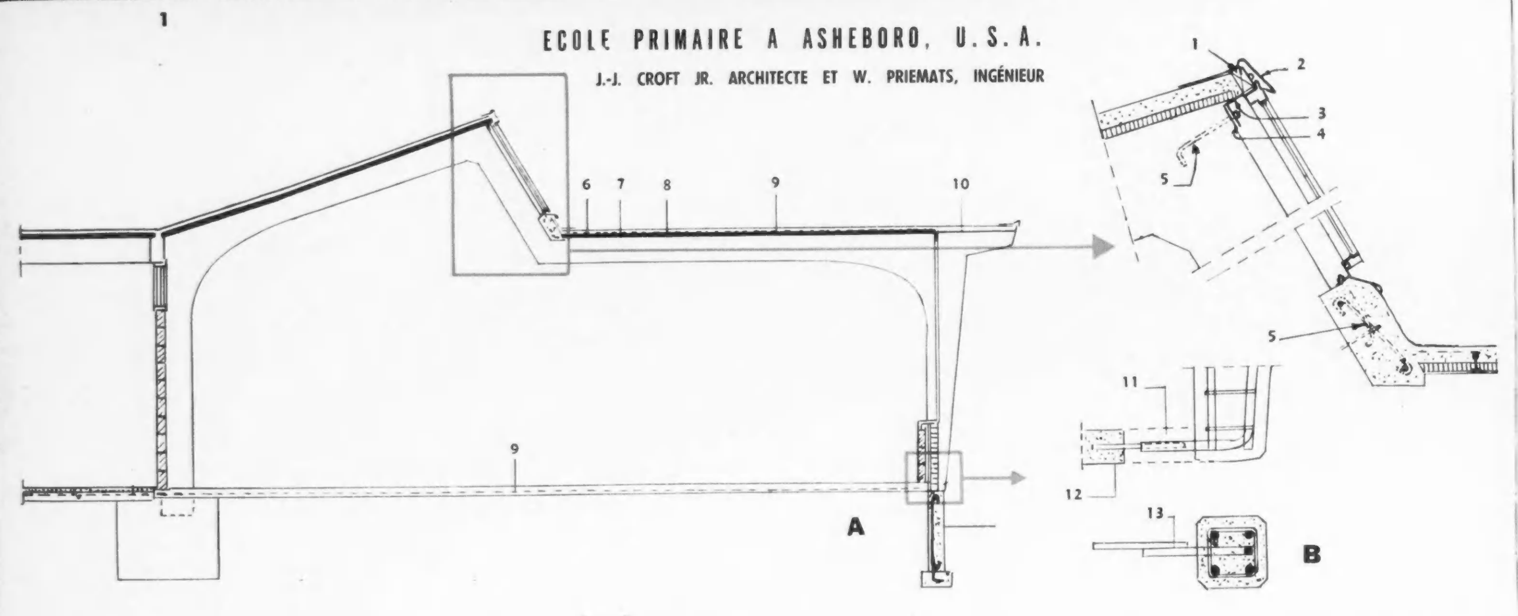
La conception de cette école est assez inhabituelle en ce qui concerne la coupe sur les classes : couloir central desservant des classes à orientations opposées. L'amélioration de l'éclairement des fonds de classe est obtenu par une bande vitrée haute. L'ossature comprend des portiques (écartement 8' 4", soit 2,50 m environ) préfabriqués et précontraints (cinq par jour dans des formes en contreplaqué, 92 au total) reliés par une poutre horizontale au-dessus du couloir central et par des poutres, également préfabriquées, à la naissance des vitrages antithermiques.

1. Vue générale de l'ossature en cours de montage. 2 et 3. Les portiques sont reliés par des poutres transversales. 4. Vue d'ensemble de l'école :
A. COUPE TRANSVERSALE SUR UNE CLASSE :
1. **Liteau bois.** 2. **Cuivre.** 3. **Alu.** 4. **Boulon de fixation avec rondelle de réglage.** 5. **Scellement.** 6. **Etanchéité multicouche.** 7. **Chappe en plâtre.** 8. **Panneau acoustique rigide sur panneton en profilés métalliques.** 9. **Grillage métallique.** 10. **Panneau d'amiante-ciment.**
B. DETAIL D'ANCRAGE DES PIEDS DE PORTIQUE :
11. **Remplissage béton après montage.** 12. **Dalle de plancher.** 13. **Fer soudé.**

1

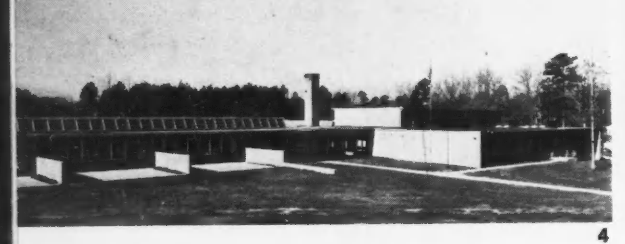
ECOLE PRIMAIRE A ASHEBORO, U.S.A.

J.-J. CROFT JR. ARCHITECTE ET W. PRIEMATS, INGÉNIEUR

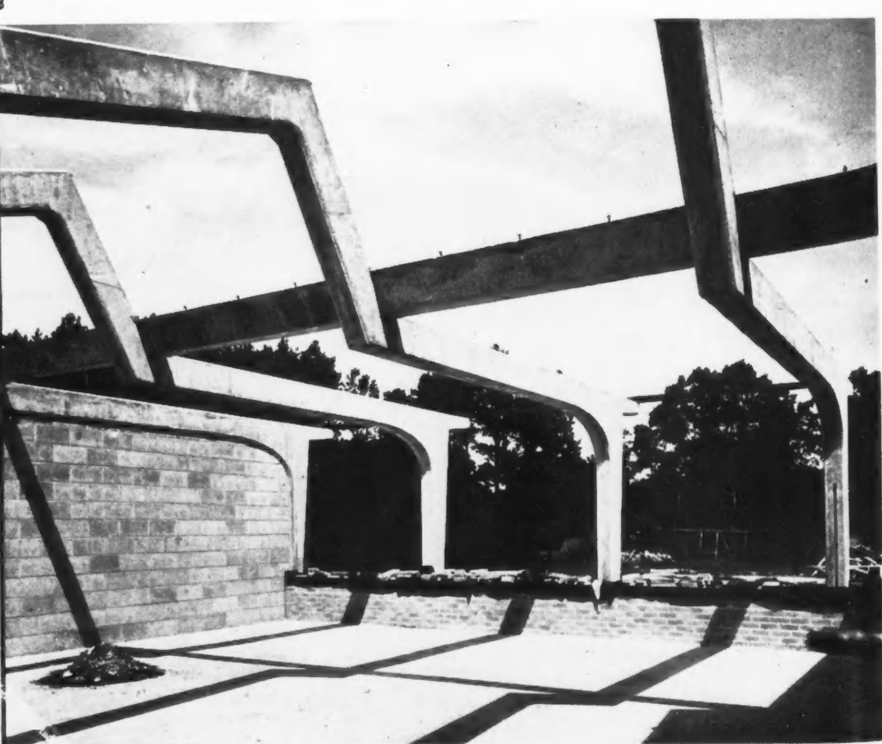


2 3

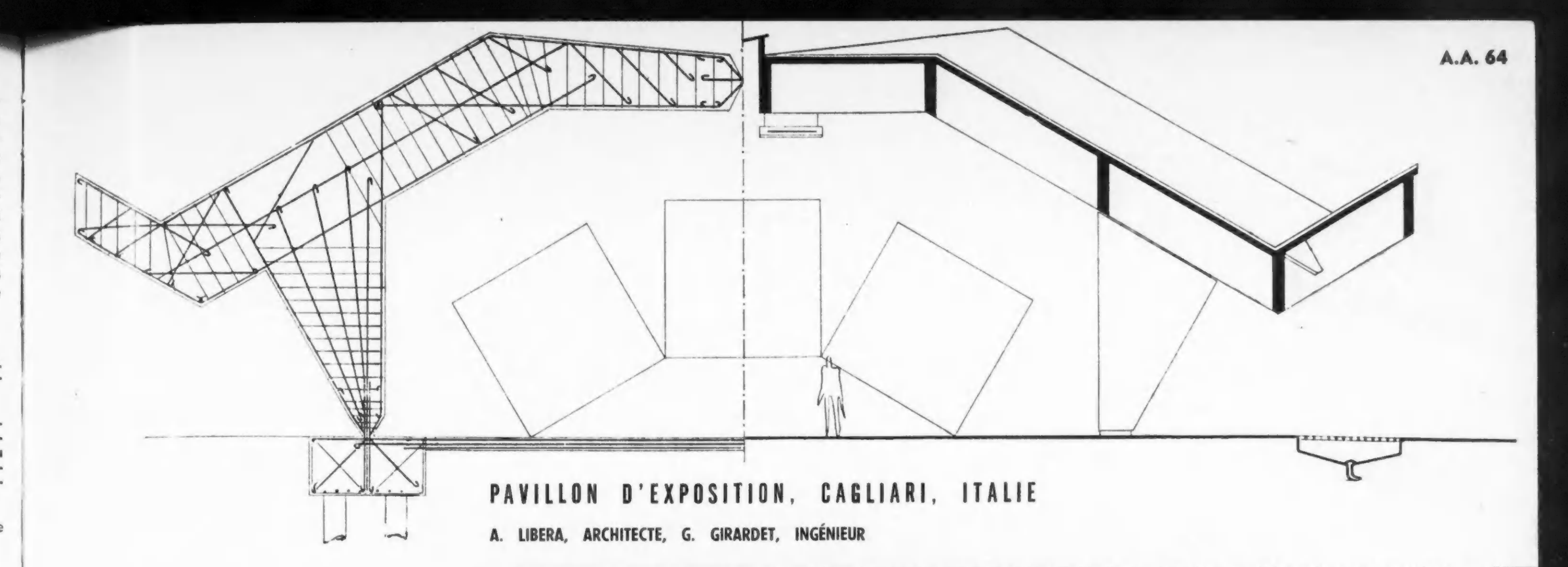




4



Photos J. David



PAVILLON D'EXPOSITION, CAGLIARI, ITALIE

A. LIBERA, ARCHITECTE, G. GIRARDET, INGÉNIEUR

Ce pavillon a été réalisé en soixante-cinq jours pour la IIIe Foire de Cagliari. Structure en béton armé sur plan carré de 26 sur 26 m formée de deux portiques (écartement 15 m) à trois articulations reliés par des poutres transversales se prolongeant en porte-à-faux de 5,50 m.

Coupe sur les portiques et vue d'ensemble du pavillon.

Photo Vasari

ATELIERS A TRIESTE, ITALIE

MARCELLO D'OLIVO, ARCHITECTE

Cet édifice abrite une école et l'atelier de typographie du Village de l'Enfant à Trieste. En plan il présente quatre pavillons distincts liés uniquement au centre. Trois d'entre eux abritent l'atelier de composition, l'imprimerie et l'atelier de reliure ; le quatrième les bureaux, magasin et dépôt. Pour les trois premiers, la structure se compose d'un pilier central comportant une poutre en double cantilever précontrainte et dalles de terrasse comportant des ouvertures pour éclairage zénithal.

Le quatrième pavillon comporte quatre points d'appui et une structure de même type mais avec poutres maîtresses en croix.

Photo de Rota

Ce stade, prévu pour 60.000 spectateurs, s'insère dans un ensemble sportif comprenant des terrains de jeux, piscines d'été, gymnase, vestiaires, etc. Il a été réalisé à l'angle de deux rues et à proximité d'un grand parc boisé au Nord. Les architectes ont voulu créer des espaces libres dans la direction Nord-Sud et traiter ce stade comme une arène entourée de verdure.

La conception de l'ossature, en dehors de considérations plastiques, a été dictée par la nature du terrain (bon sol à 18 m. de profondeur).

Il fallut réaliser des fondations sur puits au moyen de cylindres en béton armé enfoncés dans le sol d'un diamètre de 4,50 à 3,5 m. et reliés par des tirants noyés dans le sol. Il s'avérait souhaitable de les réduire au minimum et, par conséquent, de limiter le nombre de points d'appui en concevant des portiques de grandes dimensions capables de supporter l'ensemble des tribunes (écartement des portiques : 11 m. environ).

Le raidissement dans le sens longitudinal est obtenu, d'une part, par des poutres placées à la hauteur du plancher haut des vestiaires et, d'autre part, par une triangulation en partie haute de la béquille arrière.

Les gradins et escaliers sont réalisés en éléments préfabriqués de béton précontraint de petites dimensions posés sur des poutres intermédiaires entre portiques.

Le toit de la tribune est formé de poutres en acier supportées par des béquilles à deux branches et équilibrées par des tirants en acier réglables laissés apparents.

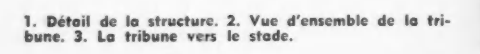
L'ensemble de l'ossature est d'une grande puissance et le béton armé est traité ici avec une maîtrise incontestable.

1



3

Photo Movrin



1. Détail de la structure. 2. Vue d'ensemble de la tribune. 3. La tribune vers le stade.

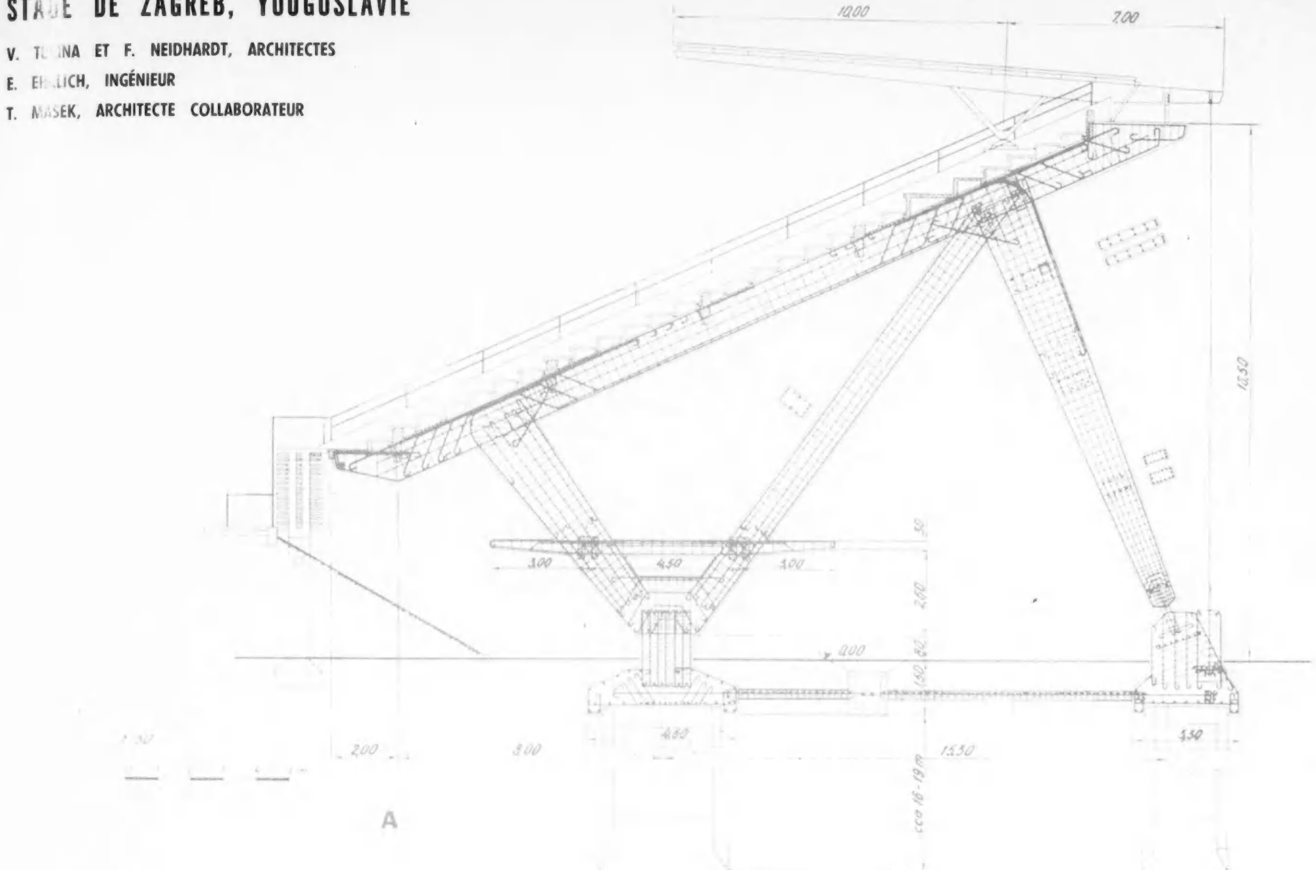


2

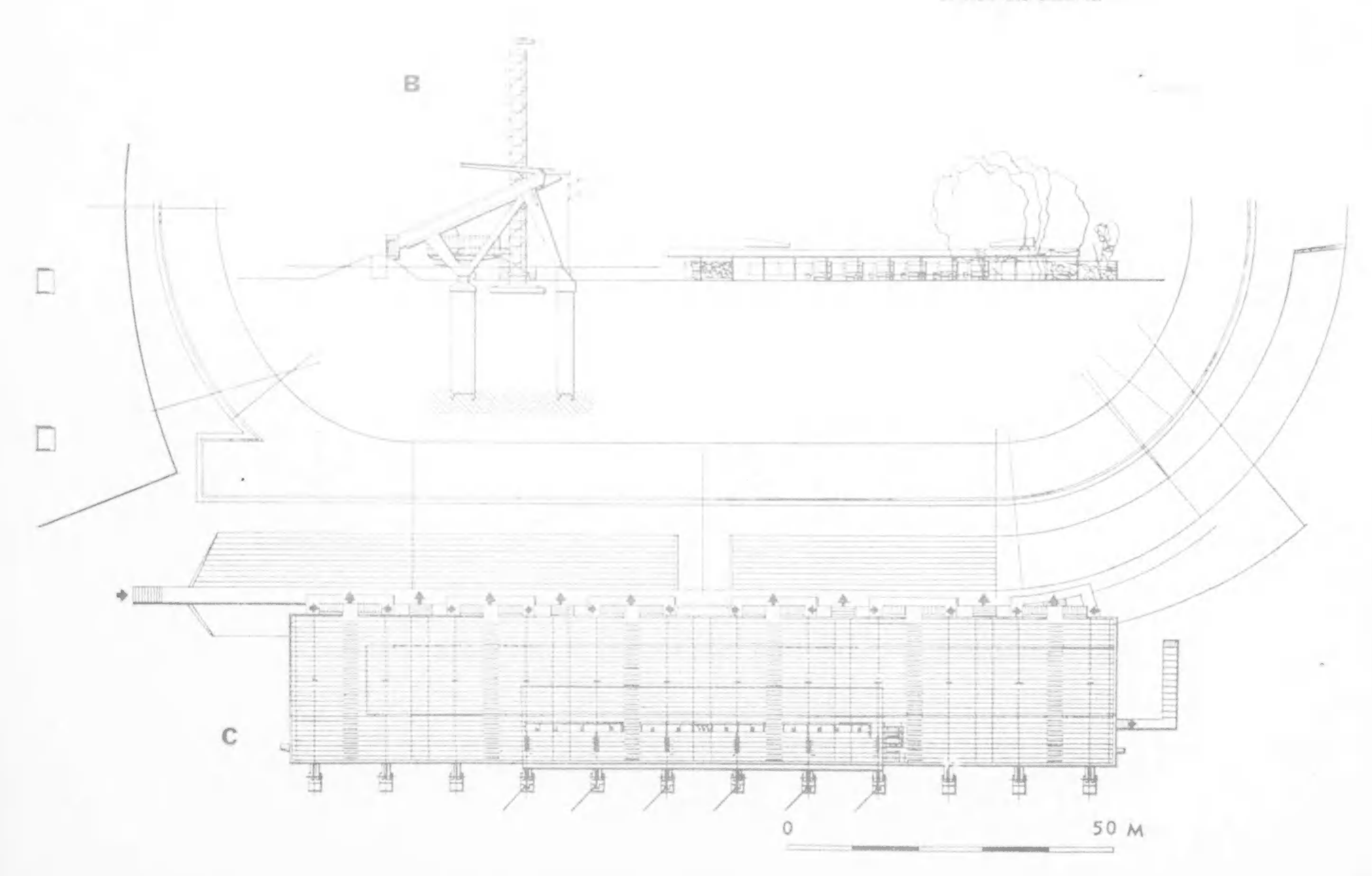


STA E DE ZAGREB, YOUGOSLAVIE

V. T NA ET F. NEIDHARDT, ARCHITECTES
E. EH LICH, INGÉNIEUR
T. M SEK, ARCHITECTE COLLABORATEUR



A. Coupe et détail des portiques.
B. Elévation des vestiaires.
C. Plan des tribunes.





L'ŒUVRE DE BERNARD LAFFAILLE † PAR RENÉ SARGER

Nous nous devions d'évoquer, dans ce numéro, l'une des personnalités les plus marquantes qui, en France, aient montré l'influence des structures modernes sur l'expression plastique de l'architecture : Bernard Laffaille, que nous nous honorions de compter parmi nos amis de longue date.

Nous avons demandé à l'un de ses plus anciens collaborateurs, René Sarger, d'évoquer l'évolution de sa pensée et de ses travaux au cours d'une vie passionnée de recherches nouvelles.

C'est en 1935 que Bernard Laffaille présentait son « Mémoire sur l'étude générale des surfaces gauches » à Berlin au 2e Congrès de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes. Il construisait alors, en Yougoslavie, le pavillon français de l'exposition de Zagreb et les hangars d'aviation de Panchevo. On trouve, dans ces réalisations, les deux idées maîtresses, d'où allaient sortir tous les développements de la pensée de Laffaille et dont l'influence devait se faire sentir sur l'architecture elle-même.

Ce sont : le voile mince utilisé comme « couverture suspendue » de grande porté et le voile porteur en « V ».

LA COUVERTURE SUSPENDUE.

L'un des premiers, Laffaille s'était intéressé à la résolution des problèmes techniques posés par les voiles minces à courbures inverses : hyperboloïde (fig. 1), paraboloïdes hyperpoliques (fig. 2) et selle de cheval (fig. 3).

Dès 1933, il construisit à Dreux deux bâtiments expérimentaux, dont les essais furent poussés jusqu'à la rupture. Le premier est un hyperboloïde de 14 m de portée en tôle de 1,2 mm d'épaisseur. Le deuxième, en béton armé de 5 cm d'épaisseur (fig. 4), est la première réalisation de paraboloïde hyperbolique (chaque auvent de 12 m 50 en porte-à-faux est formé par deux paraboloïques, dont deux rives sur quatre sont horizontales).

Les formes imaginées par le constructeur à l'occasion de problèmes concrets à résoudre ont abouti peu à peu à des développements mathématiques élaborés au fur et à mesure des contrôles expérimentaux et, inversement, l'esprit créateur de formes nouvelles se trouvait influencé par les connaissances mathématiques de l'ingénieur.

Mais, si à l'époque ces formes nouvelles pouvaient sembler de pures curiosités « scientifiques » issues des mathématiques et de l'imagination, aujourd'hui l'architecte s'en saisit pour les intégrer à une plastique nouvelle, confirmant ce que Laffaille pressentait dès le Congrès de Berlin, en affirmant que les nouvelles formes, créées par l'ingénieur, devaient nécessairement contribuer à l'évolution de la plastique architecturale : « ... Le rôle de l'analyse mathématique dépasse le stade classique d'application pratique où on le cantonait dans le domaine de la résistance des matériaux (contrôle des formes simples, poutres et poteaux). Les mathématiques... deviennent un mode intellectuel de penser. Ce mode, à ce degré, alimente l'imagination constructive non plus seulement pour indiquer des limites matérielles (épaisseur, dimensions, portées), mais bien au même titre qu'une réelle connaissance architecturale. »

Mais si Laffaille et ses collaborateurs L. Beschkine et de Lamarson jetaient dès 1936 les bases de la théorie générale, des problèmes fort complexes restaient à résoudre, dont l'un d'eux simplifié peut se poser de la façon suivante :

Soit un paraboloïde hyperbolique (fig. 5) dont les rives AB et BC sont horizontales et dont le sommet D est à une hauteur H du plan horizontal passant par ABC.

On sait que c'est une surface réglée parallèlement à AB et BC en projection horizontale, mais que les coupes verticales parallèles aux diagonales de sa surface projetée sont des courbes concaves dans un sens et convexes dans l'autre.

On démontre qu'en chaque point P des rives, viennent se composer une traction F1 et une compression F2, dont la résultante R passe par la rive à condition de négliger les déformations élastiques.

Celles-ci sont en effet négligeables pour les portées moyennes, mais deviennent très vite prépondérantes pour les grandes portées.

Comme nous l'avons vu, cette surface gauche subit des tractions parallèlement à BD et des compressions perpendiculaires à BD. Dans le cas d'emploi de béton armé, ce sont les aciers qui, dans un sens, résistent à la traction et le béton à la compression dans le sens perpendiculaire. Or, l'élasticité de ces deux matériaux n'est pas comparable.

La flèche, prise par le voile en son centre, par exemple, aura tendance à être prépondérante (au moment du décoffrage ou sous l'influence des surcharges climatiques) du fait de l'allongement des aciers par rapport à la compression du béton.

Sans entrer dans les détails de l'analyse, on voit que, au-delà d'une certaine limite, les aciers ont tendance à ne plus travailler en tension et que, seul, le béton travaillera en compression.

Persuadé de l'intérêt qu'il y aurait à renverser cette tendance, Laffaille eut l'idée de créer la « couverture suspendue » en voile mince supprimant toute possibilité *pratique* de compression et réalisa la couverture circulaire du Pavillon Français à Zagreb (1), chef-d'œuvre sur le plan technique (fig. 6).

Portée par une douzaine de tubes d'acier en tôle de 3 mm d'épaisseur d'un diamètre de 80 cm, une couronne périphérique se dressait à 14 mètres de hauteur. A cette couronne de 33 m de diamètre se suspendait une « peau » en tôle de 2 mm d'épaisseur tendue par le poids propre d'un lanterneau central.

Aucun raidisseur ne venait détruire la pureté technique de la solution proposée. L'élément résistant principal en rive (la couronne travaillant en compression sous les tractions rayonnantes du voile) fait, pour la première fois, son apparition.

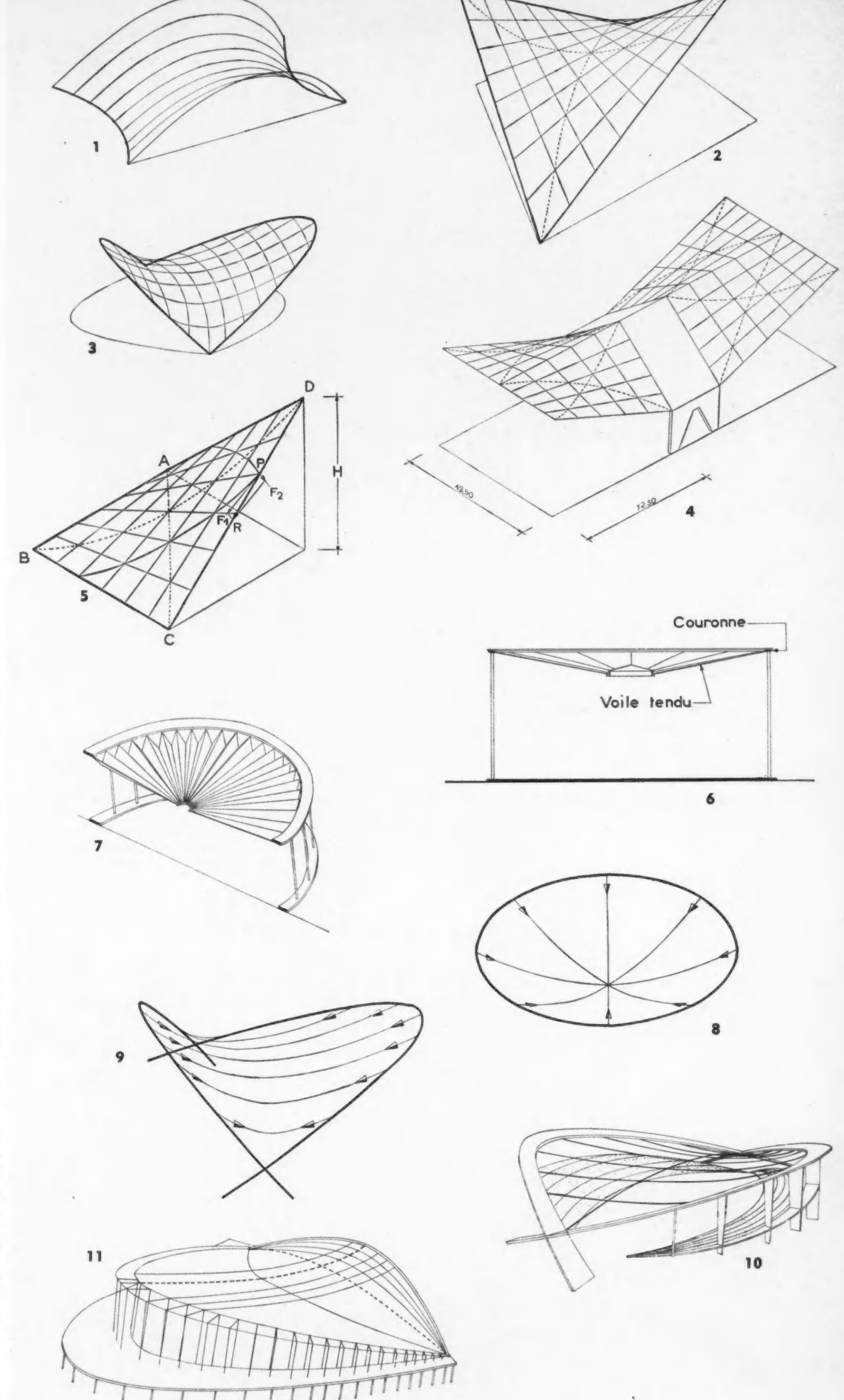
Cette couronne, statiquement nécessaire, deviendra beaucoup plus tard et sous des formes diverses l'un des éléments principaux de l'esthétique architecturale des voiles tendus.

Malheureusement, on ne discerna pas, à l'époque, l'intérêt de cette structure qui ne fut considérée que sous l'angle de la curiosité et non comme une œuvre, dont les développements techniques et esthétiques pouvaient amener un renouvellement de l'architecture des grands espaces couverts.

Le remarquable projet de Beaudouin et Lods pour l'Exposition Internationale de Paris en 1937

Rotonde de locomotive de Valenciennes

1. Hyperboloïde. 2. Paraboloïde hyperbolique. 3. Selle de cheval. 4. Dreux : première réalisation de paraboloïde hyperbolique (béton armé de 5 cm d'épaisseur) ; chaque auvent de 12,50 m. en porte-à-faux est formé de deux paraboloïdes dont deux rives sur quatre sont horizontales. 5. Etude d'un paraboloïde hyperbolique. 6. Couverture circulaire du pavillon français de Zagreb. 7. Projet de Beaudouin et Lods pour l'Exposition internationale de Paris en 1937. 8. et 9. Les tensions peuvent être prises par un cercle ou par deux couronnes en forme d'arcs paraboliques inversés. 10. Nowicki : esquisse de la selle de cheval. 11. Projet pour le Centre des Industries de la Mécanique, Paris, sur plan asymétrique.



est, à notre connaissance, le seul essai d'adaptation du principe de la couverture tendue sur couronne circulaire comme toit d'un hall qui devait avoir 450 m de diamètre (fig. 7). Mais l'idée était lancée ; elle allait permettre, bien plus tard, la construction en voile tendu de couvertures en selle de cheval.

En effet, au lieu de tendre une « peau » suivant les rayons d'un cercle, n'est-il pas possible de la tendre suivant des lignes parallèles à l'axe d'un bâtiment ?

Dans ce cas, les tensions, au lieu d'être prises par une couronne circulaire (fig. 8), peuvent être prises par deux couronnes en forme d'arcs paraboliques inversés (fig. 9).

Nous ignorons si le grand architecte Mathew Nowicki (2), disparu prématurément en août 1950 dans un accident d'avion, a eu connaissance ou non des travaux de Laffaille. Mais c'est à la même époque que, l'un en Amérique et l'autre en France, dessinent les esquisses des premières « selles de cheval » à voile tendu.

L'esquisse de Nowicki (fig. 10), publiée pour la première fois en octobre 1951 (3), montre la « selle de cheval » sur plan symétrique : les deux arcs paraboliques sont semblables (fig. 10).

L'un des projets pour le Centre des Industries de la Mécanique à Paris (4) est, au contraire, sur plan asymétrique : les arcs paraboliques sont différents (fig. 11).

Mais, dans un cas comme dans l'autre, ce sont des arcs comprimés qui soutiennent la couverture tendue.

On voit tout l'intérêt architectural que ces nouvelles structures peuvent faire naître et l'on peut citer nombre d'œuvres récentes dont la plastique s'inspire de cette technique : Pavillon suisse à l'Exposition de Berlin (1952), Hall de la Forêt Noire à Karlsruhc (1954), Emetteur T.V. du Felsberg, dont B. Laffaille était ingénieur-conseil (1955), etc. Il occupait également cette fonction pour toutes les œuvres similaires projetées en France avant sa mort, dont le théâtre de Valenciennes et l'église de Royan, qui fera plus loin l'objet d'une analyse particulière.

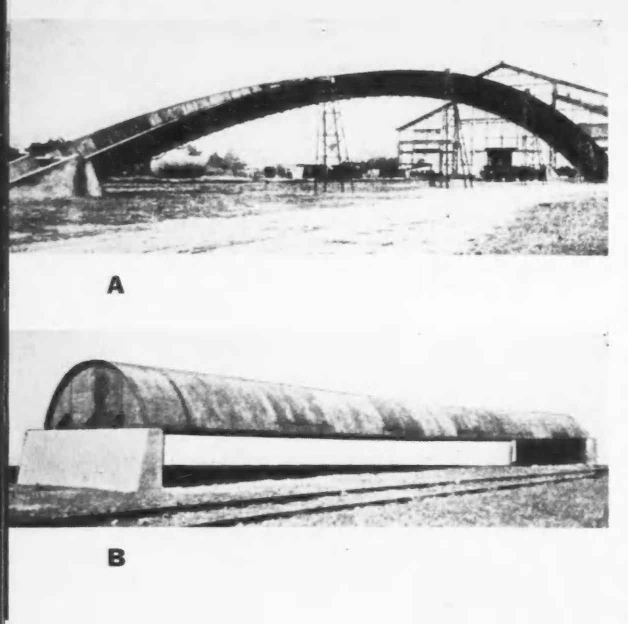
(Suite page 18.)

(1) *Camelot, architecte ; P. Herbé et B. Laffaille, conseils.*

(2) *Né en Russie, fait ses études techniques à Varsovie où il devient professeur. Représente son pays dès 1945 dans l'équipe internationale qui étudie aux U.S.A. les constructions du Palais de l'O.N.U.*

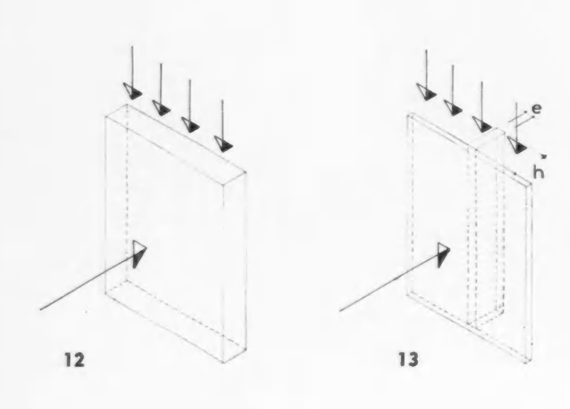
(3) *Revue* Baütecknik.

(4) Aujourd'hui, *n° 4, et p. 54.*



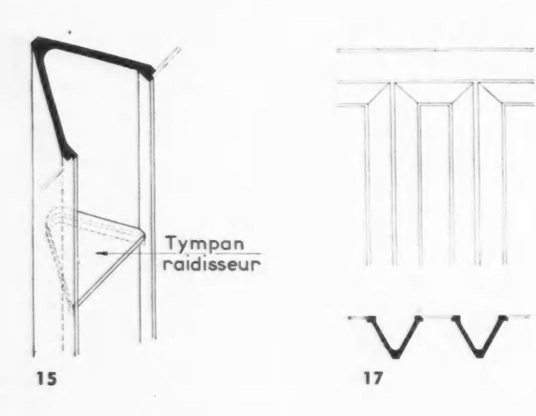
A

B



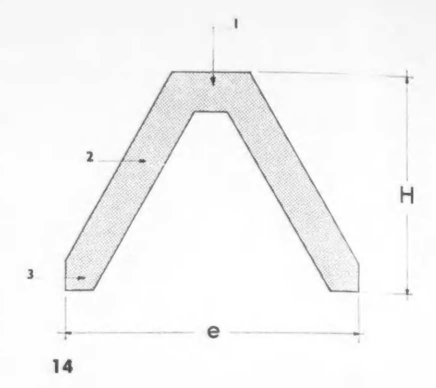
12

13

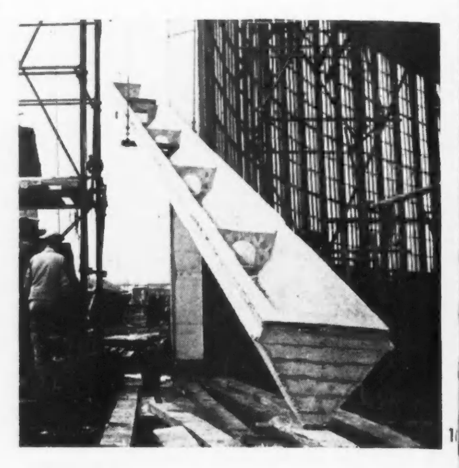


15

17



14



16

LES VOILES PORTEURS EN V

Au moment où Bernard Laffaille réalisait le Pavillon de Zagreb, il terminait également en Yougoslavie la construction des hangars d'aviation de Panchevo, où il utilisait, pour la première fois, comme éléments de structure verticaux, des voiles minces pliés en forme de V. Certes, ce qu'on appelle les « V Laffaille » sont maintenant connus de tous. Il n'en est pas moins intéressant, d'une part, d'étudier le processus par lequel le créateur est arrivé à l'élaboration de cet élément structural ; d'autre part, d'en saisir les possibilités plastiques qui s'offrent au fur et à mesure des études architecturales qui, basées sur cet élément, le modifièrent et l'affinèrent.

Du point de vue technique, le V part du principe suivant : on sait que pour des éléments porteurs de grande hauteur, c'est la question de flambage qui devient primordiale relativement aux charges verticales directement appliquées.

Si, pour une charge donnée sans tenir compte du flambage, la section d'un point d'appui est une certaine quantité de matière, cette quantité est fort différente dès que l'on fait intervenir le risque de flambage, qui est aggravé au cas où le point d'appui considéré est en façade directement opposé aux efforts horizontaux dus au vent.

Prenons un exemple (fig. 12), soit une portion de façade AB en plan. Elle supporte une charge, plancher ou couverture seule, et subit la pression horizontale du vent. Si cette façade est un mur porteur, le volume minimum de matière nécessaire à sa stabilité est donné par les calculs. Ce volume est déjà inférieur si le mur porteur est remplacé par un remplissage entre points d'appui (fig. 13). Les charges sont concentrées sur le point d'appui, les efforts dus au vent également, mais l'inertie de ce point d'appui, pour un même volume, est considérablement augmentée. Cependant, l'épaisseur « e » est limitée par le risque de flambage sous les charges verticales. Les conditions de résistance au vent imposant une section profonde avec « h » maximum et celles de résistance au flambement demandant une épaisseur « e » tendant à être égale à « h » sont en contradiction avec une économie de matière.

Laffaille trouve pour le hangar de Panchevo, une solution de principe par point d'appui en V, donnant un « h » maximum et un « e » nécessaire sans augmentation de matière (fig. 14).

L'idée n'était sans doute pas nouvelle d'augmenter ainsi l'inertie polaire d'éléments structuraux existants. On sait qu'une cornière métallique est plus résistante qu'un fer plat de même section. Mais l'application systématique de cette connaissance aux structures proprement dites des bâtiments a été réalisée pour la première fois à Panchevo.

Progressivement, les joues du V s'amincissent, la matière est concentrée dans le nez et les ailes (fig. 15), des tympans raidisseurs empêchant l'ouverture des ailes apparaissent.

On arrive ainsi aux grandes créations des rotondes de locomotives pour la S.N.C.F. (5), remarquable utilisation architecturale des V qui sera très souvent reprise dans toute la France (fig. 16 et 17).

Autre exemple d'utilisation où le V est utilisé à la fois comme remplissage de façade et point porteur : le hall de Lyon-Guillotière, avec 50.000 m² de surface couverte (fig. 18) (6).

SYNTHESE

Jusque-là, les deux grandes idées techniques de Laffaille : la couverture suspendue et le point porteur en V, avaient été utilisées séparément.

LA CATHEDRALE DE BIZERTE

Le premier essai de synthèse de ces conceptions est tenté pour la cathédrale de Bizerte (7).

La nef, ici, est un vaste espace sur plan rectangulaire clos sur trois côtés par des V et couvert par une succession de paraboloïdes hyperboliques reposant sur deux files de hauts poteaux intérieurs articulés au sol.

Les voûtes sont des porte-à-faux prenant à quatre en équilibre leur appui sur chaque poteau.

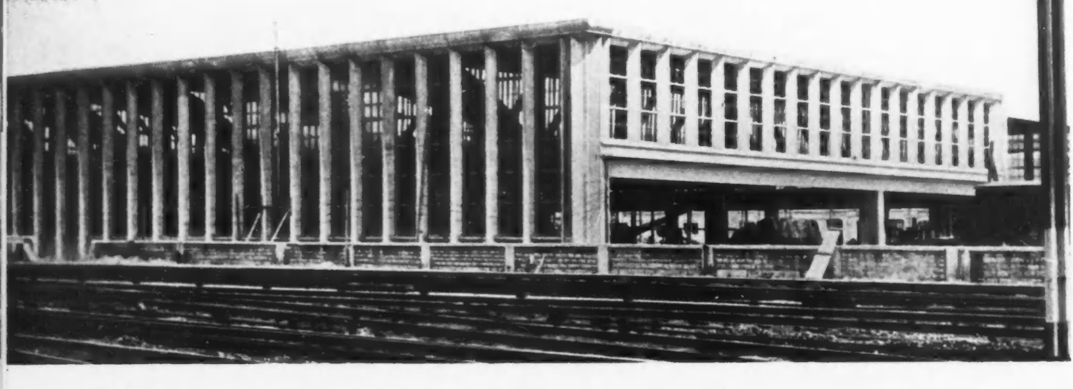
L'utilisation faite par l'architecte, de la plastique propre aux V en les plaçant nez à l'intérieur de l'édifice et les tympans tournés à l'extérieur est particulièrement intéressante dans cette réalisation. Les vitraux clôturant les solutions de continuité sont alors vus de l'intérieur au fond de trumeaux pleins s'ouvrant dans la nef (fig. 21). Les V sont rapprochés l'un de l'autre de telle façon que les vitraux, dans leur forme, participent à l'expression générale recherchée.

(5) *Peirani, architecte en chef du Service Construction S.N.C.F.*

(6) *Peirani, architecte en chef du Service Construction S.N.C.F. ; Laffaille, conseil ; Sarger, assistant.*

(7) *Le Couteur, architecte ; P. Herbé, architecte conseil ; B. Laffaille, ingénieur conseil, R. Sarger, assistant.*

18



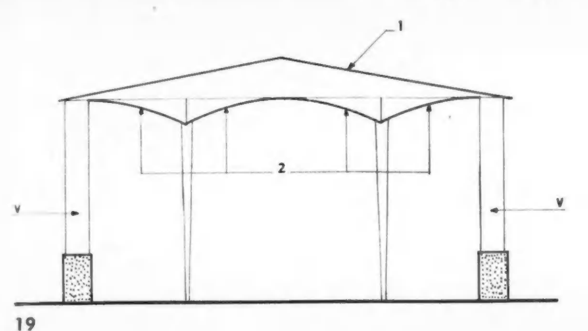
A. Hyperboloïde de révolution en tôle d'acier de 3 mm. Portée : 70 m. Flèche : 8 m. (Prototype expérimental). B. Voûte cylindrique de 35 m. de portée en tôle de 3 mm. d'épaisseur.

12. et 13. Etude des risques de flambage sur une portion de façade. 14. Solution de principe pour le hangar de Panchevo donnant un « h » maximum et un « e » nécessaire sans augmentation de matières : 1. Nez. 2. Joue. 3. Aile. 15. Les joues du V s'amincissent, la matière est concentrée dans le nez et les ailes des tympans raidisseurs apparaissent. 16. Montage et mise en place d'un V préfabriqué. 17. Utilisation architecturale des V. 18. Hall de Lyon Guillotière.

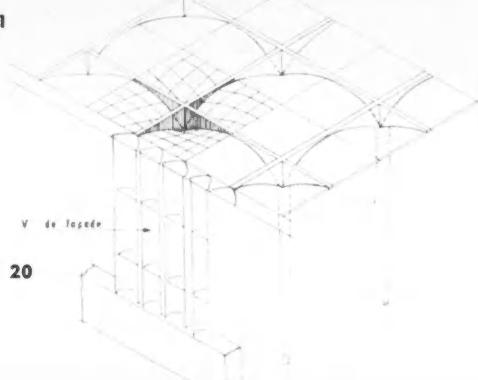
LA CATHÉDRALE DE BIZERTE

19. Coupe transversale : 1. Couverture. 2. Paraboloïdes hyperboliques. 20. Vue axonométrique. 21. Vue en plan des V de remplissage. 22a. Vue extérieure. 22b. Vue intérieure.

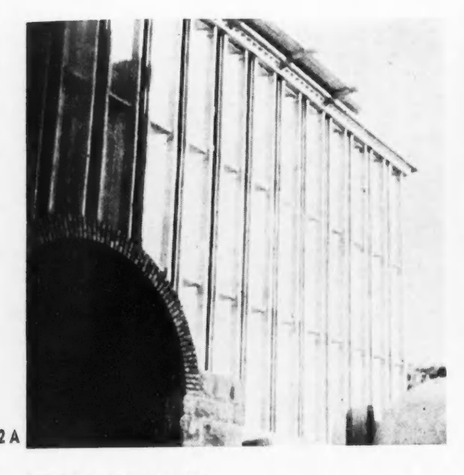

21



19



20


22 A


22 B

L'EGLISE DE ROYAN

Sur la demande de l'architecte chargé de construire Notre-Dame-de-Royan *(voir page suivante)*, B. Laffaille et nous-mêmes étudions, au printemps 1954, la possibilité d'une synthèse complète entre les V en façade et la couverture suspendue.

Les premières esquisses de l'architecte font ressortir sa volonté de se saisir de ces deux éléments dans leur pureté, afin de créer une plastique monumentale digne d'un lieu consacré à la foi religieuse.

Bien que Laffaille n'ait pu malheureusement suivre avec nous les études de cette œuvre que jusqu'au stade de l'avant-projet, il pressentait que ce pouvait être là le couronnement de ses recherches techniques prises en main dans un esprit architectural affirmé.

Le plan de la nef découlait de l'idée du maître d'œuvre de monter, le plus haut possible, sur des V, les arcs paraboliques inclinés supportant le voile tendu, en selle de cheval symétrique. Le plan même de la nef est alors imposé : c'est une surface enfermée entre deux paraboles.

Comme pour la cathédrale de Bizerte, les V sont utilisés nez à l'intérieur, mais l'affirmation architecturale de leur esthétique est renforcée par leur échelle et l'affinement de leur forme.

Alors que jusqu'ici l'élément structural ne dépassait que rarement 0,60 de profondeur sur 0,80 de largeur, sauf à Bizerte où ces dimensions sont de l'ordre du double, la nef montant jusqu'à 36 mètres à Notre-Dame de Royan, impose des V de 2,20 m de profondeur sur 4,50 m de largeur. L'un d'eux atteignant 60 m comme la flèche des cathédrales, dépasse même 5 m de large.

Les joues ne sont que des voiles de 10 à 12 cm d'épaisseur, cote imposée surtout par un souci de protection des aciers contre la rouille en climat maritime.

Pour la première fois, le caractère strictement industriel du V des rotondes est affiné, plastiquement mais non gratuitement.

Le nez est raidi sur toute la hauteur par deux nervures (fig. 23) ; les ailes se referment, assurant une résistance aux flambements secondaires et formant encadrement extérieur des verrières.

Laffaille pensait, dès le début, poser chaque V sur sa pointe en le coupant en sifflet dans la hauteur des cryptes ceinturant la nef (fig. 24). Le voile tendu ne pouvant, en aucun cas, prendre un encastrement quelconque, il avait imaginé d'assurer la stabilité par des tirants raidissant l'ensemble de la construction comme le font les tendeurs hélicoïdaux des tambours. D'autre part, l'architecte pensa utiliser le tympan de raidissement de chaque V comme sol permettant des galeries hautes. Les passages étaient alors prévus en trouant les voiles au niveau des galeries.

Les difficultés de réalisation amenèrent à envisager la stabilité de chaque V séparément en le plantant dans le sol, excellent à cet endroit, comme un mât encastré à la base.

Depuis la mort de B. Laffaille, l'architecte est revenu à la première idée : couper les V en sifflet et les appuyer sur leur pointe. En modifiant la couverture même des cryptes, chaque V assure alors sa stabilité par un contrefort en portique et la nef est ainsi continuée, au point de vue volume au sol, par celui de la crypte.

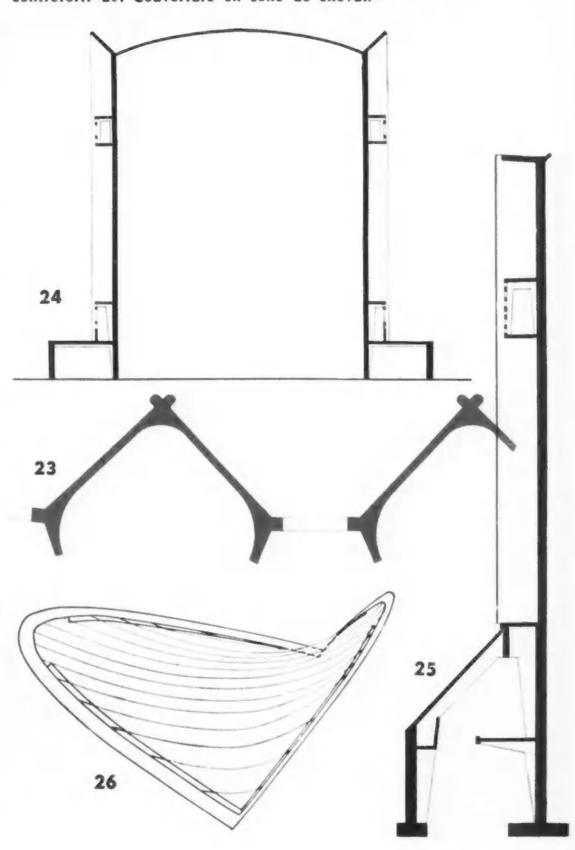
Enfin la voûte, elle-même en selle de cheval tendue, sera réalisée en voile mince. Mais pour annuler toute contrainte de compression sur les arcs périphériques, un joint de dilatation est prévu qui permettra à la voûte de prendre sa flèche, sans s'appuyer latéralement sur la couronne en double parabole.

Nous avons essayé de donner un aperçu forcément raccourci de l'œuvre de B. Laffaille, dont l'influence sur l'esthétique architecturale de notre époque sera, croyons-nous, considérable. Il ne lui aura malheureusement pas été permis de voir de son vivant ses idées acceptées dans le monde entier. Ingénieur de génie, d'une culture générale étendue, Laffaille avait compris que les connaissances mathématiques en tant que mode de pensée peuvent et doivent servir l'imagination créatrice des constructeurs, enrichissant par des structures nouvelles et hardies les moyens d'expression architecturale de notre époque.

René SARGER.

L'EGLISE DE ROYAN

23. Raidissement du nez sur toute la hauteur par deux nervures. 24. Chaque V est posé sur sa pointe en le coupant en sifflet dans la hauteur des cryptes ceinturant la nef 25. Coupe sur un élément avec contrefort. 26. Couverture en selle de cheval.

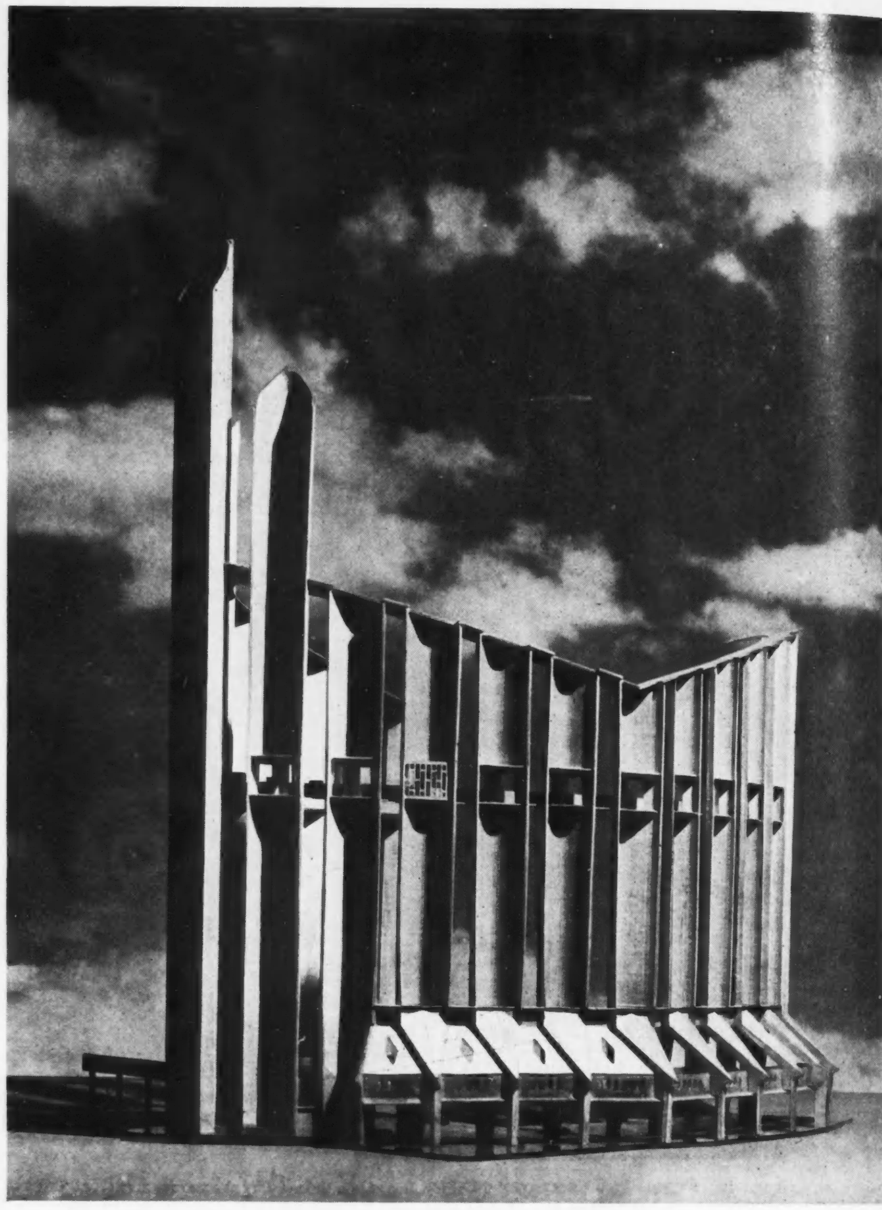


ÉGLISE A ROYAN, FRANCE

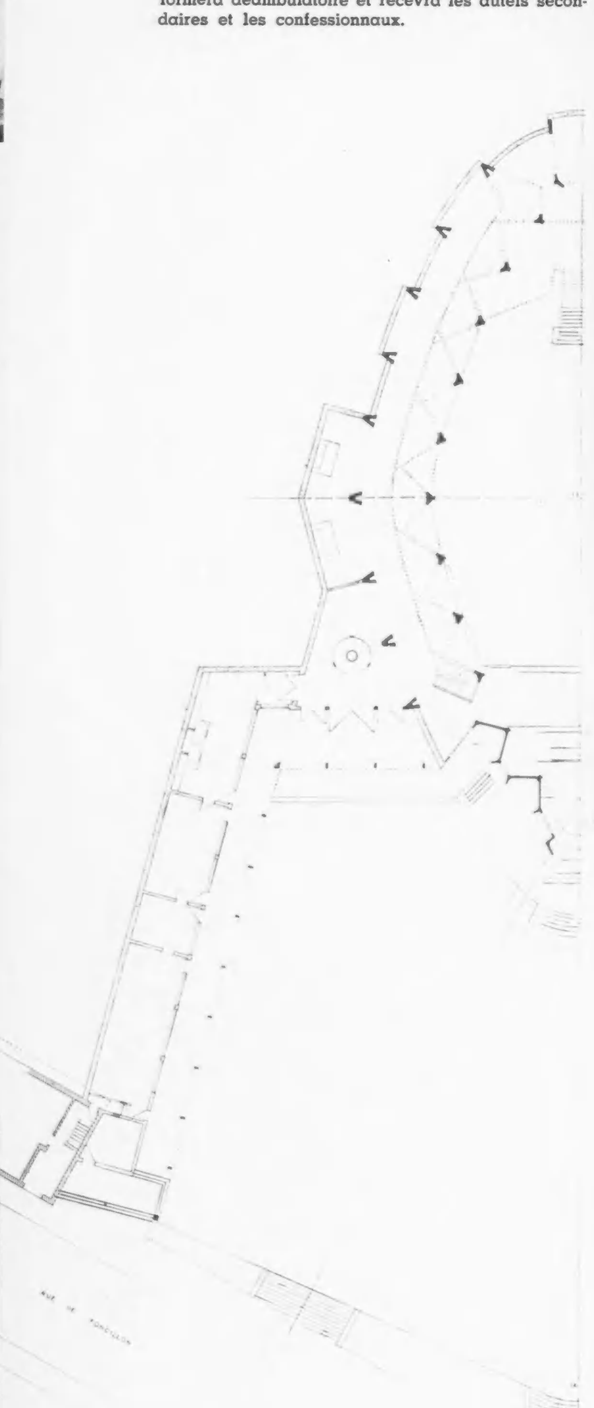
G. GILLET ET M. HEBRARD, ARCHITECTES
B. LAFFAILLE, INGÉNIEUR-CONSEIL

L'église s'ouvre sur un parvis qui a été choisi comme plaque tournante de la composition. Un portique prévu sur le côté gauche dessert les sacristies, salle de catéchisme, baptistère, créant ainsi la liaison église-presbytère. La nef s'est trouvée reportée dans une partie du terrain présentant un contour triangulaire : le plan a été dessiné suivant une ellipse inscrite dans ce triangle.

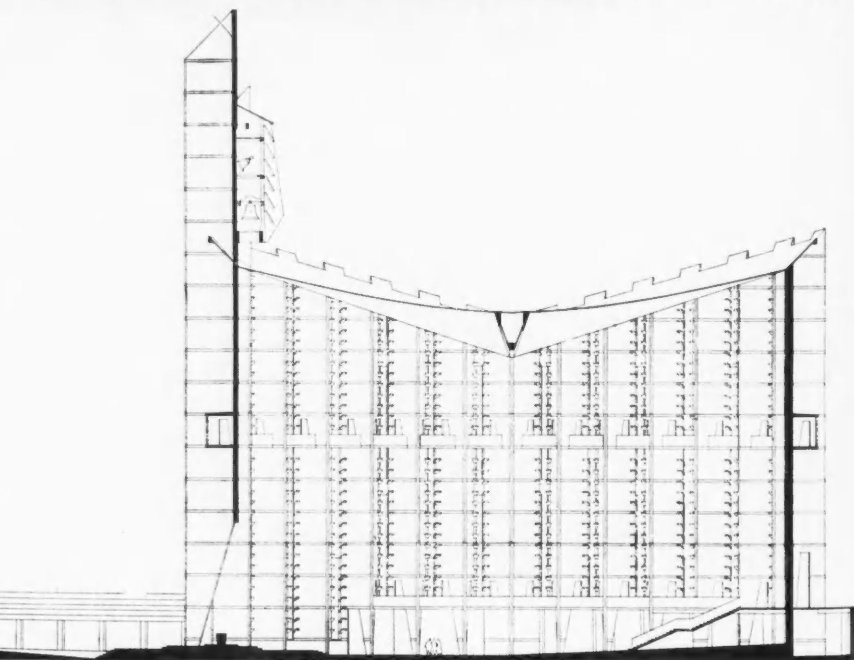
Une crypte taillée dans la pente du terrain formera déambulatoire et recevra les autels secondaires et les confessionnaux.



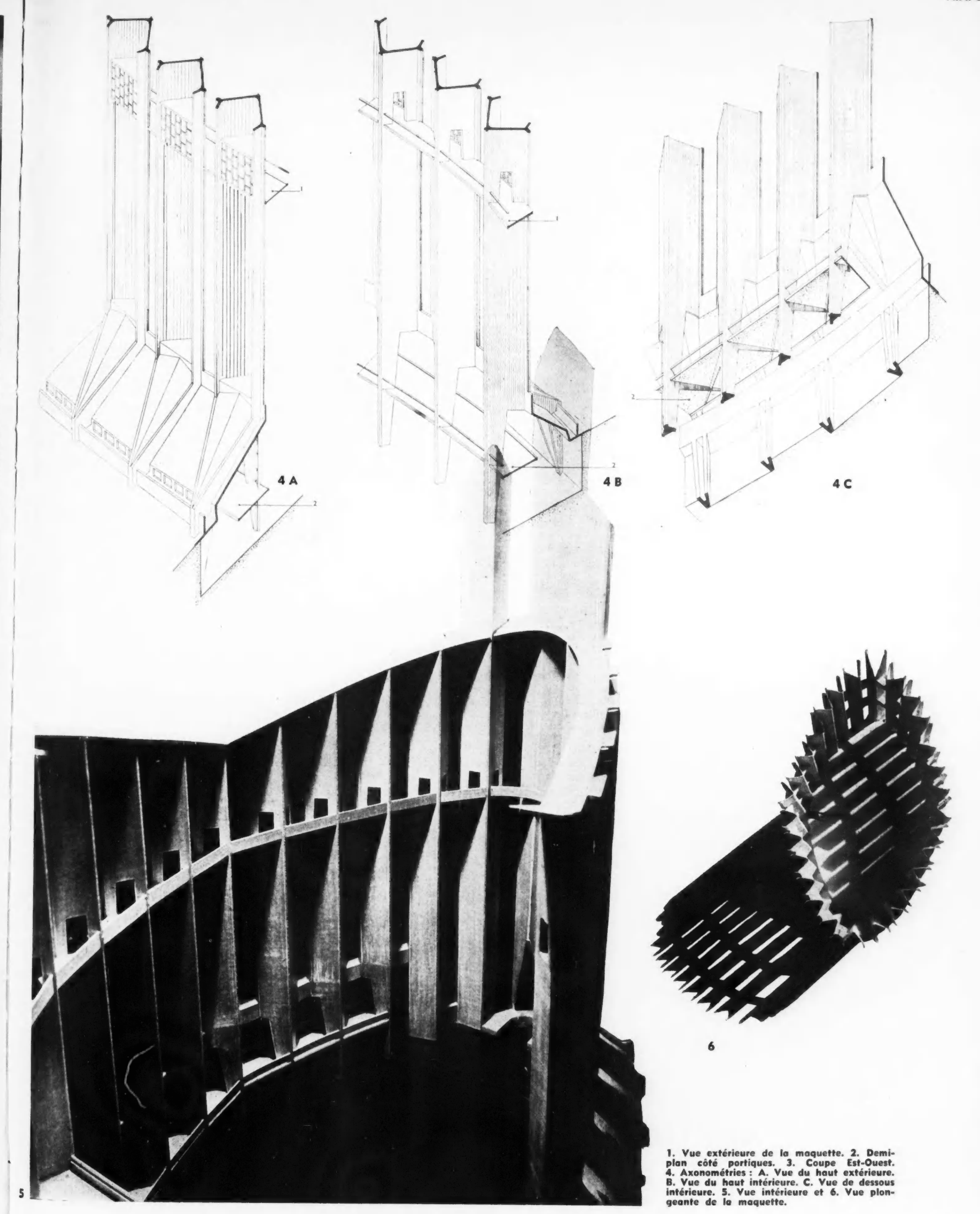
1



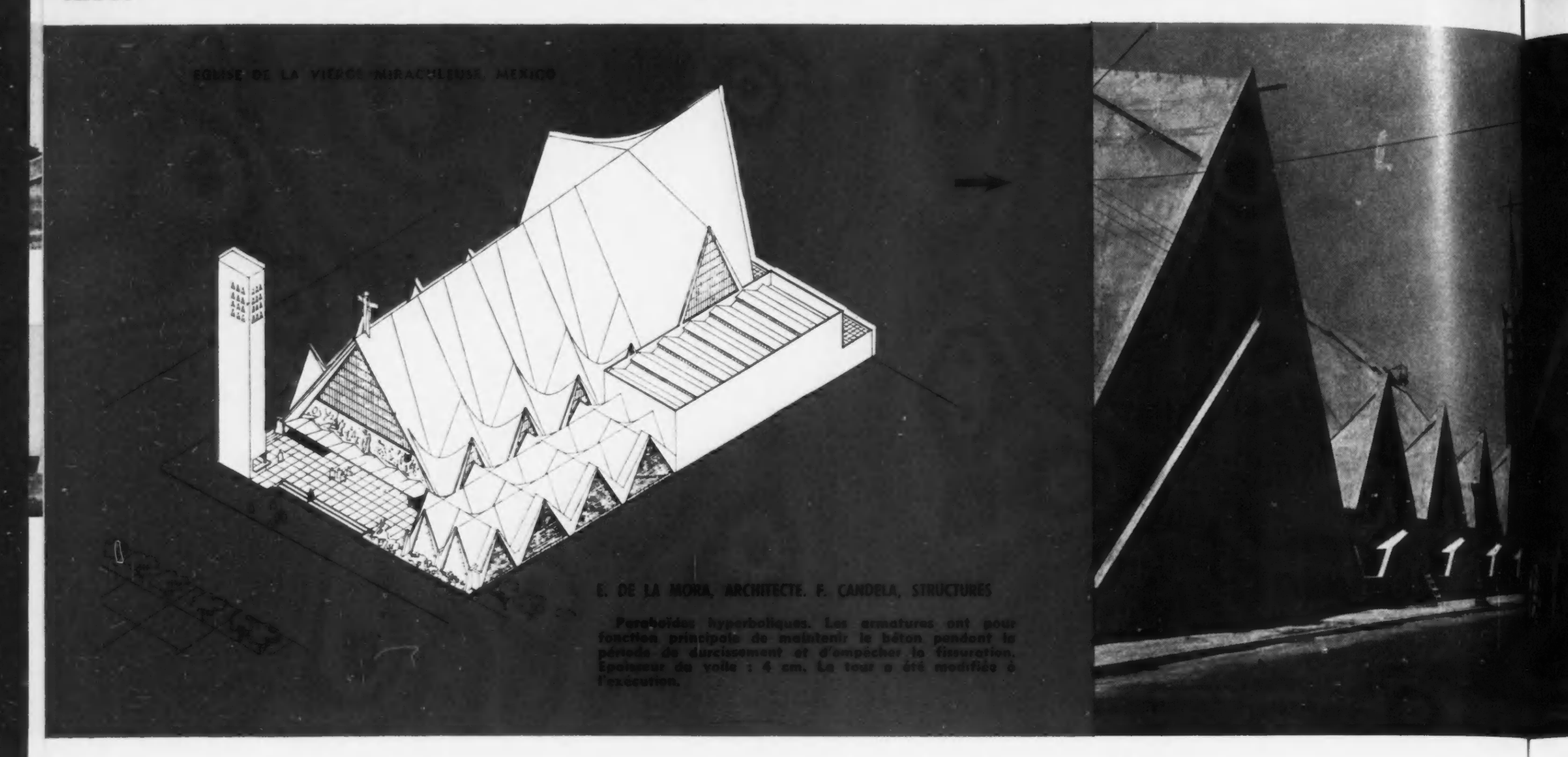
2



3



1. Vue extérieure de la maquette. 2. Demi-plan côté portiques. 3. Coupe Est-Ouest. 4. Axonométries : A. Vue du haut extérieure. B. Vue du haut intérieure. C. Vue de dessous intérieure. 5. Vue intérieure et 6. Vue plongeante de la maquette.



ÉGLISE DE LA VIERGE MIRACULEUSE, MEXICO

E. DE LA MORA, ARCHITECTE. F. CANDELA, STRUCTURES

Paraboloïdes hyperboliques. Les armatures ont pour fonction principale de maintenir le béton pendant la période de durcissement et d'empêcher la fissuration. Épaisseur du voile : 4 cm. La tour a été modifiée à l'exécution.

LES VOUTES MINCES ET L'ESPACE ARCHITECTURAL

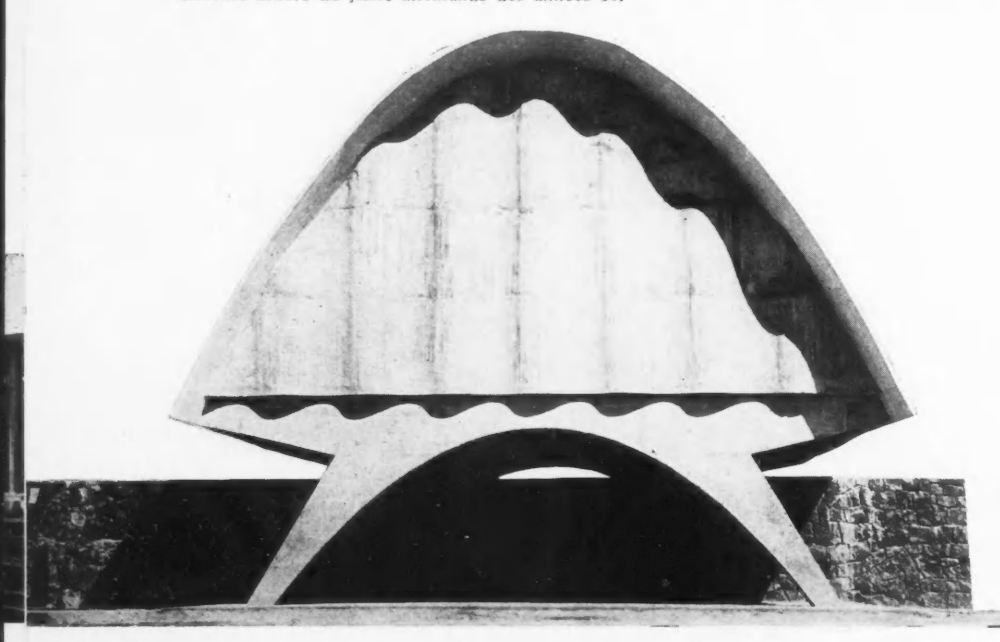
PAR FÉLIX CANDELA

Les recherches sur les voiles minces et les coques, entreprises par Félix Candela, architecte d'origine espagnole, actuellement professeur à l'Ecole Nationale d'Architecture de Mexico en même temps qu'ingénieur et constructeur, sont mondialement connues.

Nous publions ci-contre un très large extrait de l'un de ses articles ayant causé un certain retentissement par l'originalité et l'intransigeance des idées exprimées sans que nous puissions, quant à nous, affirmer que seules les coques peuvent valablement être considérées comme des volumes architecturaux.

Notons que la méfiance de Candela vis-à-vis des mathématiques ne l'a pas empêché de publier par ailleurs des études sur le calcul des voûtes. Sans doute veut-il simplement souligner ici le rôle décisif de l'intuition.

Candela atteint, dans ses constructions industrielles (v. p. 42) et dans l'église Notre-Dame de la Solitude (v. p. 25), une réelle beauté architecturale. Par contre, l'église de la Vierge Miraculeuse, malgré l'intérêt que présente le côté expérimental de ses voûtes, ne nous paraît pas convaincante. Les volumes intérieurs, très proches de l'expressionnisme, rappellent, par la complexité des formes, certains décors de films allemands des années 30.



La fonction essentielle de l'architecture est de retrancher de l'étendue non architecturale de l'espace libre, un certain volume, à l'intérieur duquel l'homme puisse exercer ses activités vitales sans être incommodé par l'inclémence de l'atmosphère. L'unique caractère qui distingue l'architecture des autres arts plastiques est précisément qu'elle concerne l'espace de cette cavité interne. D'après la forme de ce volume clos et les méthodes de construction employées à le circonscrire, on pourrait établir une classification des styles architecturaux plus rationnelle que celles qui ont pour base le formalisme à deux dimensions des façades et de la décoration.

Quand l'homme s'est trouvé aux prises avec le problème de la voûte, il a produit les exemples les plus impressionnants et les plus nobles de l'architecture à chaque époque et il a généralement réussi à trouver les formes et les méthodes qui pouvaient s'accomoder des limitations imposées par les matériaux disponibles en permanence, tout en bénéficiant pleinement de leurs propriétés.

Dans la recherche de l'inspiration pour résoudre un problème donné de voûte, il a toujours été souhaitable d'observer les exemples de la nature. Mais cette enquête n'a jamais été plus pertinente qu'aujourd'hui, au moment où un matériau monolithique, qui peut être coulé en n'importe quelle forme requise, est devenu d'un emploi courant dans la construction. Le béton armé est non seulement tout à fait de même nature que la matière des coquillages naturels, mais il a encore l'avan-

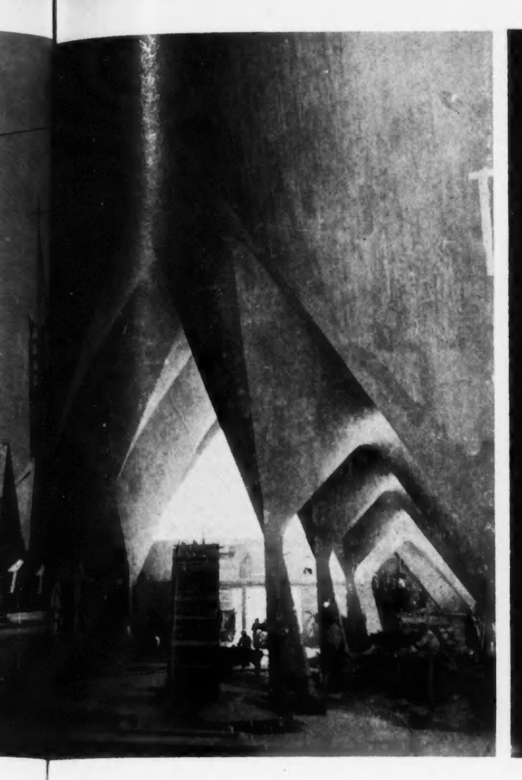
←

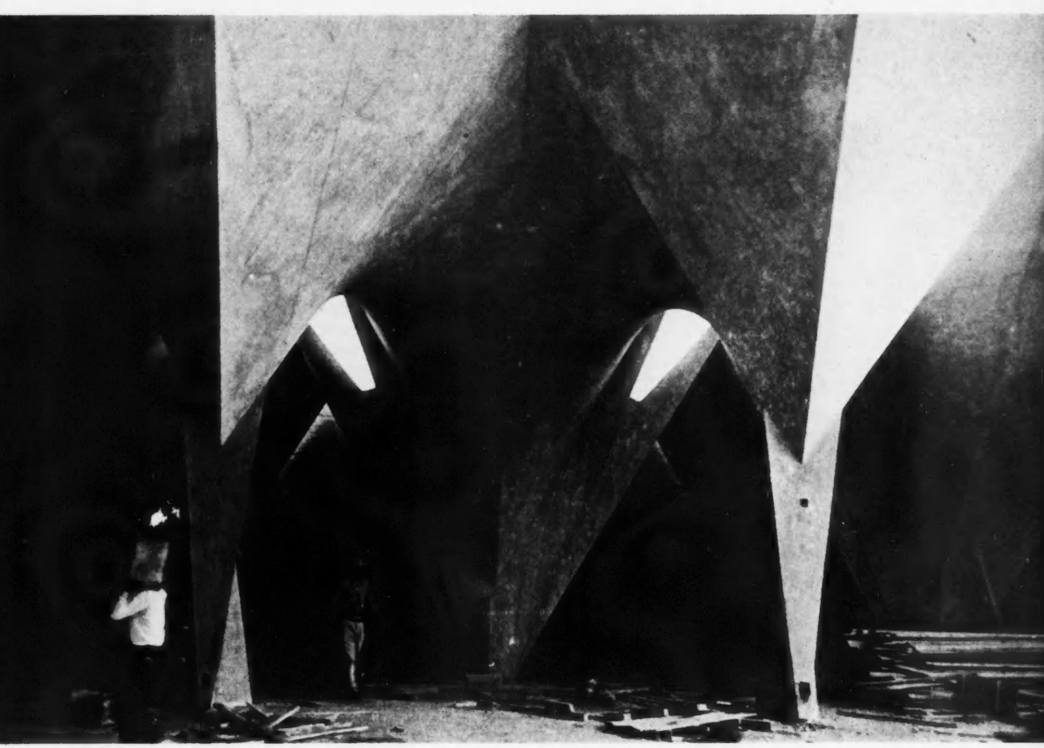
PAVILLON DES RAYONS COSMIQUES
CITE UNIVERSITAIRE DE MEXICO

J. GONZALES REYNA, ARCHITECTE.

F. CANDELA, STRUCTURES

Paraboloïde hyperbolique limité par quatre paraboles principales. Dalle de 1,6 cm d'épaisseur (!), la plus mince utilisée par Candela.





tage d'être capable de résister à d'importants efforts de tension. Ces propriétés de compacité et de résistance à la tension nous donnent, avec le béton armé, une occasion unique de rivaliser avec l'économie propre aux matériaux et aux méthodes employés par la nature pour enclore l'espace.

Pour exercer cette fonction, la nature use le plus habituellement du procédé aussi bien des coques rigides que des membranes élastiques. Comme ce second moyen peut difficilement être qualifié d'architectonique, la « coque » demeure un synonyme d'enveloppe spatiale, et le titre de cet essai apparaît un peu comme un pléonasme.

Mais les véritables coques ne peuvent avoir n'importe quelle forme. La première leçon que nous pouvons tirer de la nature est que ses coques pierreuses sont toujours à double courbure. La raison de ce fait devient évidente si on considère l'intérêt d'éviter les moments de flexion pour les matériaux pétrifiés. La répartition triangulaire des efforts sur une coupe transversale déterminée par cette forme de sollicitation, toujours large quel que soit le matériau, est des plus gênantes dans les matériaux travaillant des deux façons, où la résistance à l'extension n'est qu'une faible fraction de la résistance à la compression, et où la limite de charge d'une section transverse est dépassée, aussitôt que la valeur limite est atteinte sur la fibre extrême travaillant à l'extension. Cette annulation des flexions, et en gros la faculté de résister, dépend avant tout de la forme.

Comme le Professeur Belluzzi l'explique intuitivement dans son livre *Scienza delle Costruzioni*, les surfaces à double courbure en matériaux inextensibles, jouent le rôle d'une membrane vis-à-vis des efforts. La flexion ne peut apparaître en elles que lorsque les efforts d'extension excèdent largement la limite d'élasticité. Par exemple, une charge concentrée agissant en n'importe quel point donné d'une enveloppe sphérique peut simplement produire une bosse si les cercles immédiatement autour du point considéré s'écartent matériellement. Condition aisément réalisée avec un ballon de caoutchouc, matériau très extensible, mais virtuellement irréalisable avec une coupole en ciment, tant que les efforts directs le long des cercles entourant le point pourront demeurer faibles.

En conséquence, cela n'a aucun sens d'étendre le concept funiculaire aux surfaces se présentant sous cette catégorie de formes connues en espagnol sous le nom de « velarias », formes des voiles. Le comportement d'une membrane est spécifiquement différent de celui d'une chaîne ou d'un fil. Ces derniers s'incurveront sous la charge suivant la courbe d'équilibre, mais une membrane, aussi longtemps qu'elle peut être considérée comme une surface à double courbure, construite en matériaux inextensibles, a une forme immuable et sera toujours en équilibre sans flexion quelles que soient la forme et les conditions de charge. En tenant compte de ces facteurs, les coques doublement courbes peuvent être construites aussi minces qu'il est pratiquement possible, et généralement, elles n'exigent pas de nervures de soutien.

Ce n'est pas le cas avec les enveloppes cylindriques ou, en général, les surfaces développables. Elles sont exposées à d'importants moments de flexion, dirigés normalement aux génératrices rectilignes, de sorte qu'elles dépendent uniquement de la résistance des lames à la flexion et à la torsion pour maintenir la figure des génératrices entre les nervures de renfort, contre toutes les répartitions possibles des charges. Il faut leur donner, de ce fait, une épaisseur substantielle. Elles perdent ainsi le droit d'être considérées comme des coques proprement dites, dont la caractéristique essentielle est l'inexistence des moments de flexion.

Il est intéressant de rechercher la cause pour laquelle ces principes intuitifs qui sont un fait de pratique courante en d'autres domaines techniques, comme dans la fabrication des carrosseries de voitures, n'ont été reconnus et mis en pratique qu'avec réserve dans l'industrie du bâtiment. Bien que le plan apparaisse rarement dans les édifices naturels, et moins encore le dièdre rectangle, on persiste obstinément à construire des formes cubiques. Et ceci est particulièrement frappant quand de telles formes sont appliquées pour couvrir d'énormes espaces comme le Convention Hall de 210 mètres de côté proposé pour Chicago par Mies Van Der Rohe. La simple mention de ce nom nous amène immédiatement au premier des cas analogues qui représentent plus ou moins la conviction consciente et classique de la plupart des architectes et des constructeurs.

On peut valablement remarquer, en raison des rapports qui peuvent être établis entre ce fait et l'état actuel du problème, que l'architecture grecque qui est considérée comme classique par excellence, n'était pas intéressée par la voûte et en général par le volume clos. On peut même dire que ce n'était pas du tout de l'architecture, mais rien qu'une sculpture particulière. Ses formes étaient exploitées pour être vues de l'extérieur. Elles n'étaient donc pas la conséquence d'une logique constructive, mais imposées par les rites et des raisons symboliques en accord avec le matériau dont les constructeurs grecs disposaient à volonté. Les structures en linteau, copiées d'après les formes traditionnelles des premiers temples en bois, se trouvaient être le moyen le plus absurde et le plus illogique de construire en pierre. On peut tout au plus les expliquer comme des interprétations en pierre, au goût compliqué, des édifices en bois : c'est de la sculpture.

Malgré tout, cette manière artificielle et très particulière de concevoir l'architecture a pénétré complètement les styles architecturaux de l'Occident en même temps que la pensée grecque, interdisant tout essai d'instaurer un art de construire authentique. En vérité, l'architecture gothique est une des rares tentatives réussies d'échapper à des concepts asphyxiants et demeure un exemple isolé de lucidité dans l'histoire de la construction européenne. Elle fut cependant considérée comme un art inculte et barbare pendant de nombreuses générations. Vus de près, les divers essais de faire revivre le gothique se sont arrêtés à l'aspect extérieur et décoratif sans chercher à comprendre la signification profonde de l'édifice gothique, ses associations intimes de structure et d'expression.

LES VOUTES MINCES ET L'ESPACE ARCHITECTURAL (suite) par FÉLIX CANDELA

Il n'est pas étonnant que la révolution architecturale du vingtième siècle ait été aussi incapable de se libérer des mêmes vices classiques d'origine, et, aveuglée par eux, incapable d'atteindre le fond de la question.

Elle a remporté une victoire facile sur les procédés décoratifs que de longues années d'usage abusif avaient rendus surannés, mais le squelette classique restait intact. Ce fut une révolution classique contre l'art classique. Perret, dont on ne peut sous-estimer la grande influence sur les pionniers du style international ou présumé tel, fut un classique. Son but non déguisé fut de construire des édifices classiques en ciment. Il suffit de lire le chapitre de Giedion sur Le Corbusier dans *Espace, Temps et Architecture*, pour voir clairement l'incompréhension, prédominante chez les premiers novateurs, du rôle de la forme dans la composition architecturale. En démontrant par là même l'ignorance des caractéristiques de base et du comportement propre du nouveau matériau, on proclama que le « béton armé » est le véritable instrument pour exprimer les idées nouvelles en architecture « et que les projets audacieux étaient rendus possibles, ou étaient presque une conséquence de « ces propriétés de la charpente maîtresse en béton armé, qui rend facultative la disposition des murs intérieurs ». Mais la carcasse nue en béton armé à laquelle se rapportent ces citations est une composition de structure presque aussi incohérente que le linteau de pierre, et tout autant que lui une copie sans imagination, en ciment, des éléments de bois ou de fer. Ce matériau n'est pas propre au travail de flexion. Coulée en poutres prismatiques, toute la matière au-dessous de l'axe neutre n'est qu'un poids mort. En prenant les simples possibilités du béton pour ses propriétés réelles, on a posé les bases du formalisme non architectural qui dirige la composition moderne, en dépit des protestations littéraires de fonctionnalisme.

La croissance monstrueuse et injustifiée de la fenêtre, avec ses subdivisions artificielles d'après des modèles imposés par l'art pictural et la mode du muralisme, ne sont que des manifestations de la lutte désespérée pour remplacer les moyens abolis d'expression, pour créer un nouveau symbolisme, un nouveau langage capable d'animer l'aridité des masses cubiques et dénudées qui subsistent. Tout ceci est lié au besoin d'exprimer, très discuté, de l'architecture contemporaine. Mais y a-t-il quelque chose qui vaille la peine d'être exprimé à notre époque ? Sans doute notre seul travail pourrait être réduit au développement des formes de structure propres aux nouveaux matériaux, simplement pour le cas où les générations futures pourraient avoir quelque chose à dire par leur moyen.

En citant le vieil aphorisme « la fonction crée l'organe » qui, assez curieusement, unit les mots qui désignent les deux tendances saillantes du mouvement moderne, un postulat bien connu du fonctionalisme énonce que « la forme découle de la fonction ». Mais l'architecture n'est pas faite de mots et dans l'application pratique des deux formules, on oublie souvent que la création de formes nouvelles peut uniquement s'opérer au moyen d'édifices. Malheureusement, en raison de la division artificielle de la corporation des constructeurs, les novateurs en architecture étaient incapables de se servir convenablement de la charpente, considérée par eux comme un mal nécessaire. Leur principale préoccupation paraît avoir été de faire des charpentes qui interviennent aussi peu que possible dans une composition dirigée par des considérations conventionnelles et pseudo-fonctionnelles. En outre, les techniciens n'étant pas davantage intéressés à la question, leur principal travail s'est réduit dans la plupart des cas à faire des ossatures, si possible inoffensives et insignifiantes, au moyen d'un procédé automatique qui n'a rien à faire avec le projet, c'est-à-dire le calcul. Le projet d'une ossature était ainsi écarté des deux professions qui auraient dû être intéressées au problème.

Je voudrais exposer la seconde raison du peu d'utilisation des coques. La manie de la spécialisation, basée sur l'impossibilité présumée pour une seule personne d'acquérir la masse toujours croissante du savoir livresque dans chaque domaine technique, a conduit à une division minutieuse des fonctions et des responsabiltés dans l'industrie du bâtiment. Evitons ici de souligner l'inutilité de tant d'écrits. Peut-être devrait-on prévoir un moyen quelconque de pénaliser ceux qui publient des livres et des papiers sans nécessité.

Il est très difficile aujourd'hui de dire qui est le véritable auteur d'un édifice. Est-ce l'architecte qui met jalousement sa signature sur les plans, ou le dessinateur qui les a effectivement tracés, ou n'importe lequel des nombreux spécialistes qui ont la charge des détails techniques, ou les entrepreneurs, traitants ou sous-traitants, ou même le maçon ou le charpentier qui, en fin de compte, travaille physiquement à la construction avec ses mains ? De toutes façons, avec tant de participants à un seul travail, il devient nécessaire de dessiner des plans détaillés de chaque aspect de l'édifice. Mais les surfaces à double courbure sont presque impossibles à représenter sur le papier, sauf naturellement les types les plus simples comme les coupoles de révolution. Tous ceux qui se sont engagés dans ce type de construction savent trop bien les explications fatigantes et les corrections qui doivent être apportées sur les lieux, sans tenir compte du nombre de dessins qui ont été fournis. Mais c'est une tâche que l'auteur du projet doit accomplir lui-même, car souvent des modifications aux plans peuvent être nécessaires au dernier moment. Et que deviennent alors les innombrables intermédiaires ? Il est décidément plus facile et plus satisfaisant, pour tous ceux que cela concerne, bien que sans doute plus onéreux, de construire des masses cubiques avec des cadres réticulés. Paradoxalement, plus les collaborateurs savants sont nombreux pour le projet et l'érection d'un bâtiment, et plus la composition manquera d'ingéniosité.

La troisième raison se rapporte à l'abondance et à la qualité des matériaux dont on dispose. A l'époque difficile du Moyen Age, alors qu'on disposait d'à peine plus de moellons que pour les ouvrages antérieurs, les bâtisseurs devaient exercer toutes les ressources de leur esprit pour élaborer les merveilleux ouvrages gothiques. Au contraire, aux époques d'abondance, se manifeste une tendance à l'indolence mentale. Nous avons maintenant toutes les catégories concevables de matériaux et leurs propriétés se perfectionnent continuellement. Pourquoi se donnerait-on la peine de chercher des formes nouvelles et s'inquiéterait-on pour les projets quand il est tellement plus facile de demander simplemnt un peu plus de résistance à un certain matériau ? Il n'y a là rien d'étonnant alors qu'on accueille avec enthousiasme le béton précontraint qui n'est qu'une trouvaille ingénieuse pour se dispenser de plans précis et d'une réflexion fatigante, en évitant le dangereux accroissement des efforts supportés par les nouveaux matériaux et la trop grande sujétion des défauts imprévisibles et souvent inévitables qu'ils comportent.

Mais les coques bien conçues supportent normalement des efforts si faibles qu'elles peuvent être construites avec n'importe quelle sorte de béton sans façonnage spécial, ni soigné, et dans beaucoup de cas même sans armatures. Si ces faits étaient plus généralement connus, il est presque certain que cette forme d'édifice serait considérée avec quelque mépris par les esprits hautement techniciens de la corporation du bâtiment. Fort heureusement, l'élaboration des coques est convenablement protégée par un respectable rideau de mystère et des plus hautes abstractions mathématiques.

Nous en arrivons ainsi au dernier et principal point qui doive être considéré dans cette analyse. Nous devons affronter un autre paradoxe, celui qui est lié à la façon d'envisager scientifiquement le problème.

Jusqu'à l'avènement de la théorie mathématique de l'élasticité, le projet d'architecture reposait sur une connaissance empirique ou expérimentale. La théorie a rendu possible l'emploi des procédés mathématiques dans l'analyse des structures architecturales. Fait très important, car depuis l'invention des mathématiques modernes, c'est devenu un lieu commun de les appliquer à n'importe quel problème qui se présente, sans réfléchir généralement aux autres façons évidentes qui permettraient de le résoudre. En conséquence, il est essentiel et nécessaire, à notre époque, de tout calculer. Sans insister sur la prétention à une précision illusoire de telles analyses mathématiques, que je n'ai pas le loisir de discuter ici et qui est particulièrement notoire quand des déformations imprévisibles entrent en ligne de compte, cette pseudo-nécessité réduit automatiquement les types de coques à ces surfaces dont l'expression mathématique est une formule relativement simple, comme les cylindres ou les coupoles de révolution.

Je n'ai pas l'intention de soutenir l'idée que toutes les investigations mathématiques sont sans valeur. Elles ont été très utiles pour donner une figure plus ou moins précise de la répartition des forces. Mais leur rôle doit s'arrêter là. Comme la plupart des inventions de l'homme, elles sont d'utiles outils au début pour nous aider à comprendre les phénomènes naturels et rendre possible le progrès technique. Mais leur intervention en force dans tout problème est appelée à devenir un obstacle à ce progrès même. Ainsi la théorie de l'élasticité est aujourd'hui le principal empêchement à l'extension normale du savoir architectural. Les solutions d'élasticité, avec leur prétention d'être uniques et exactes, ont entravé l'exploration dans les autres voies de recherche et rendent difficile d'obtenir une vue complète du problème. Je me permets quelquefois d'imaginer comment les progrès de la technique du bâtiment auraient pu se développer par la voie de l'évolution naturelle des méthodes intuitives et expérimentales employées avec tant d'éclatants succès au moyen âge et à la Renaissance. Sans doute, un tel développement stimulant l'imagination des constructeurs (on les appelait « ingénieurs ») aurait pu conduire à une meilleure utilisation des propriétés des matériaux. Le problème aurait pu être envisagé plus ouvertement sans la croyance aveugle qu'il pouvait être résolu par les procédés mathématiques. Les formes les plus appropriées ne sont pas, en règle générale, faciles à étudier au point de vue mathématique. Aussi leur emploi a-t-il été négligé au profit de solutions moins adaptées, mais plus faciles à analyser.

Ce sont là des difficultés que le chercheur doit écarter. Il doit se sentir lui-même libéré pour aborder d'une manière créatrice le problème de la discrimination des formes propres à enclore les exigences d'un espace donné. Après tout, un projet n'est qu'un compromis entre des limitations et j'ai essayé de faire ressortir les conditions générales communes à tous les problèmes d'édification des coques.

Je pourrais y ajouter la concurrence des prix de revient avec les types conventionnels de construction. Et encore la répugnance des entrepreneurs à adopter des méthodes de travail qui n'ont pas auparavant fait leurs preuves. Evidemment, il est impossible de venir à bout à la fois des nombreuses exigences et des préjugés.

CHAPELLE NOTRE-DAME DE LA SOLITUDE. COYOACAN, SAN JOSÉ DEL ALTILLO, MEXIQUE

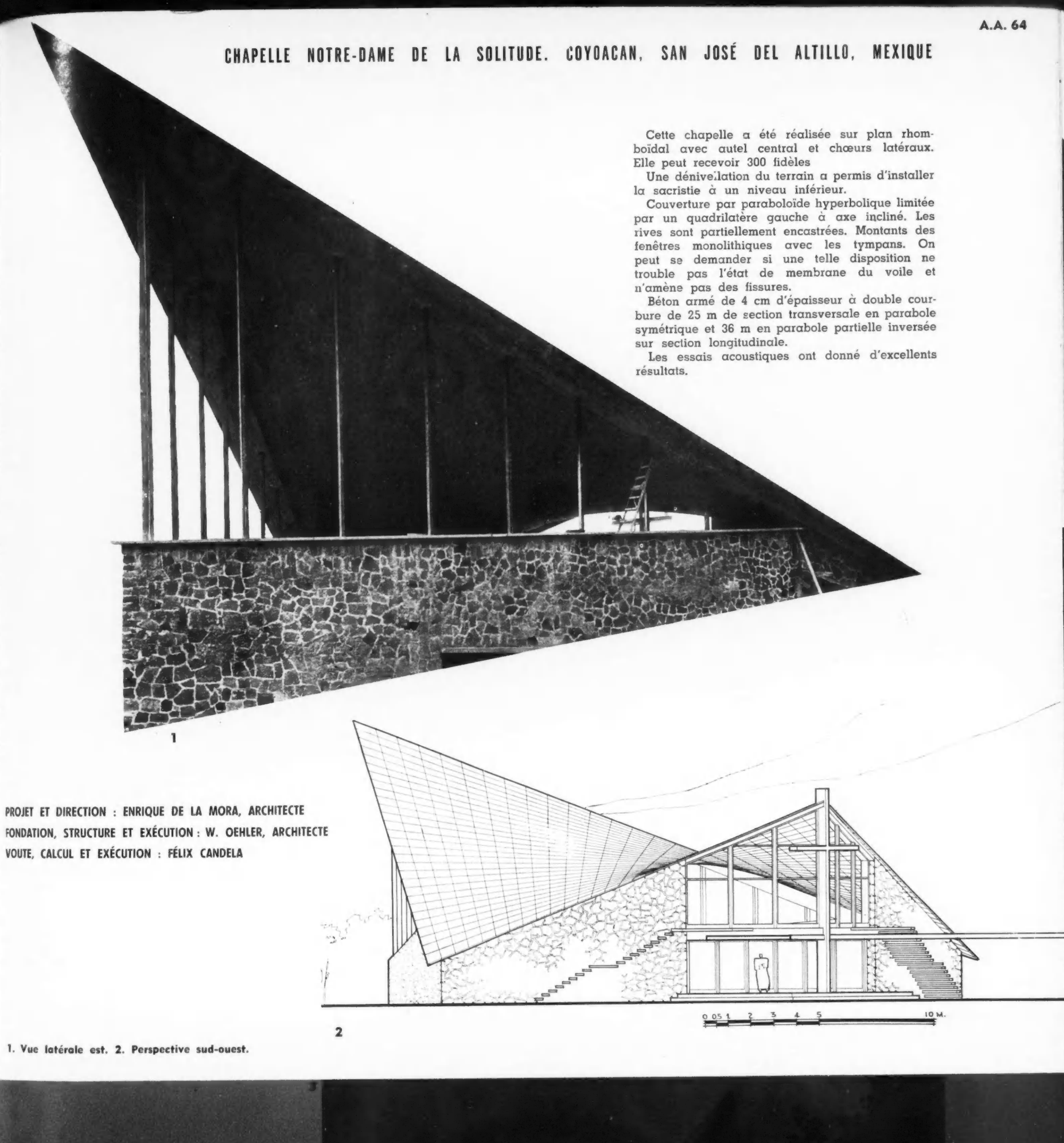
Cette chapelle a été réalisée sur plan rhomboïdal avec autel central et chœurs latéraux. Elle peut recevoir 300 fidèles

Une dénivellation du terrain a permis d'installer la sacristie à un niveau inférieur.

Couverture par paraboloïde hyperbolique limitée par un quadrilatère gauche à axe incliné. Les rives sont partiellement encastrées. Montants des fenêtres monolithiques avec les tympans. On peut se demander si une telle disposition ne trouble pas l'état de membrane du voile et n'amène pas des fissures.

Béton armé de 4 cm d'épaisseur à double courbure de 25 m de section transversale en parabole symétrique et 36 m en parabole partielle inversée sur section longitudinale.

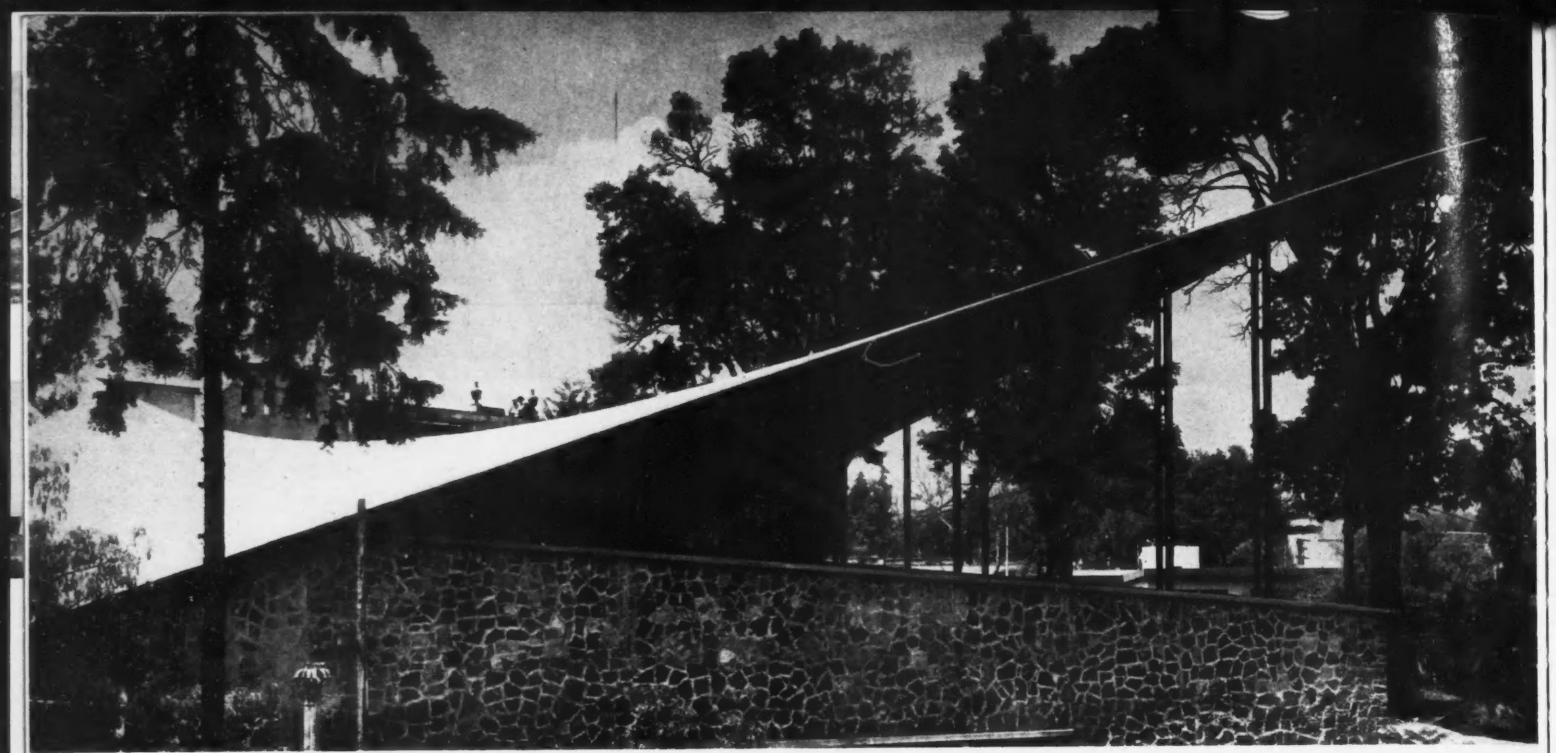
Les essais acoustiques ont donné d'excellents résultats.



PROJET ET DIRECTION : ENRIQUE DE LA MORA, ARCHITECTE
FONDATION, STRUCTURE ET EXÉCUTION : W. OEHLER, ARCHITECTE
VOUTE, CALCUL ET EXÉCUTION : FÉLIX CANDELA

1. Vue latérale est. 2. Perspective sud-ouest.

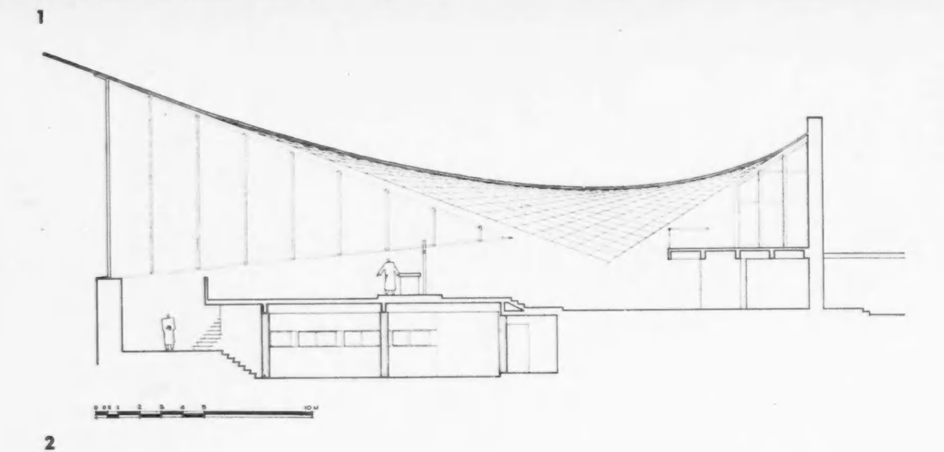
1. Vue latérale est. 2. Façade de l'entrée principale. 3. Il nous a paru intéressant de rapprocher cette très belle chapelle, dans laquelle forme et structure ne font qu'un, de la chapelle de Frank Lloyd Wright (v. A.A. n° 50/51) où la forme très proche est purement gratuite et ne découle pas d'une logique structurale.



1

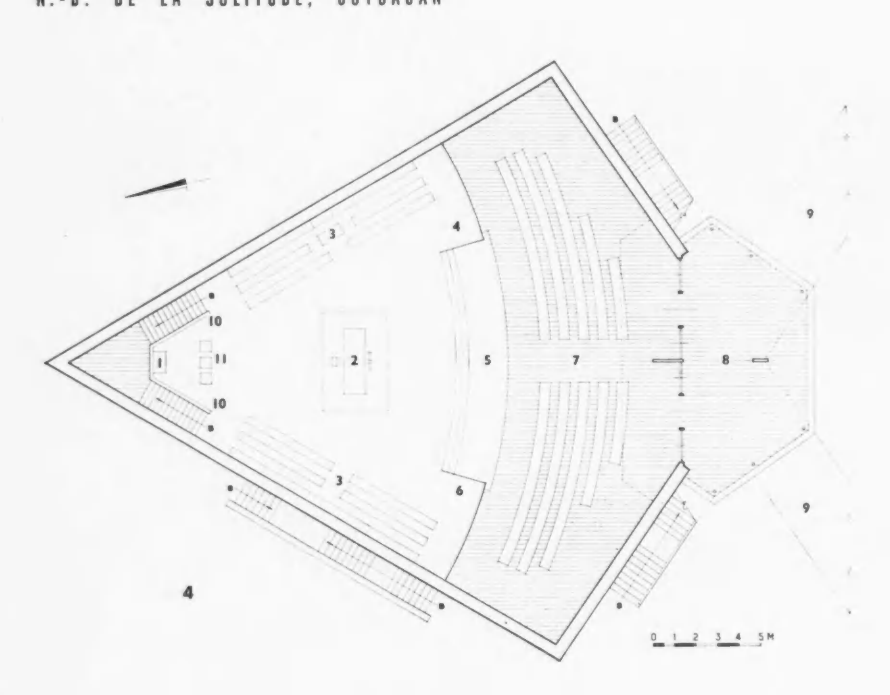
Photos Luis Simon Aragon

1. Vue latérale Ouest. 2. Coupe longitudinale. 3. Coupe tranversale au Nord. 4. Plan : 1. **Tabernacle.** 2. **Autel.** 3. **Chœur.** 4. **et** 6. **Jubés.** 5. **Table de communion.** 7. **Nef.** 8. **Narthex.** 9. **Entrée latérale.** 10. **Escalier vers la sacristie.** 11. **Officiant. 5. Perspective Nord-Ouest. 6. Vue intérieure. 7. Vue intérieure en cours de réalisation. 8. Vue de chantier.**

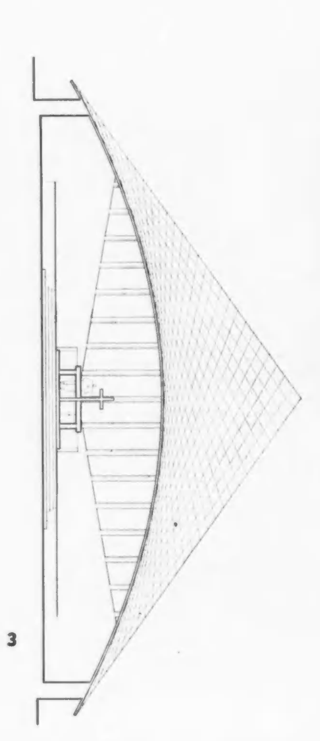


2

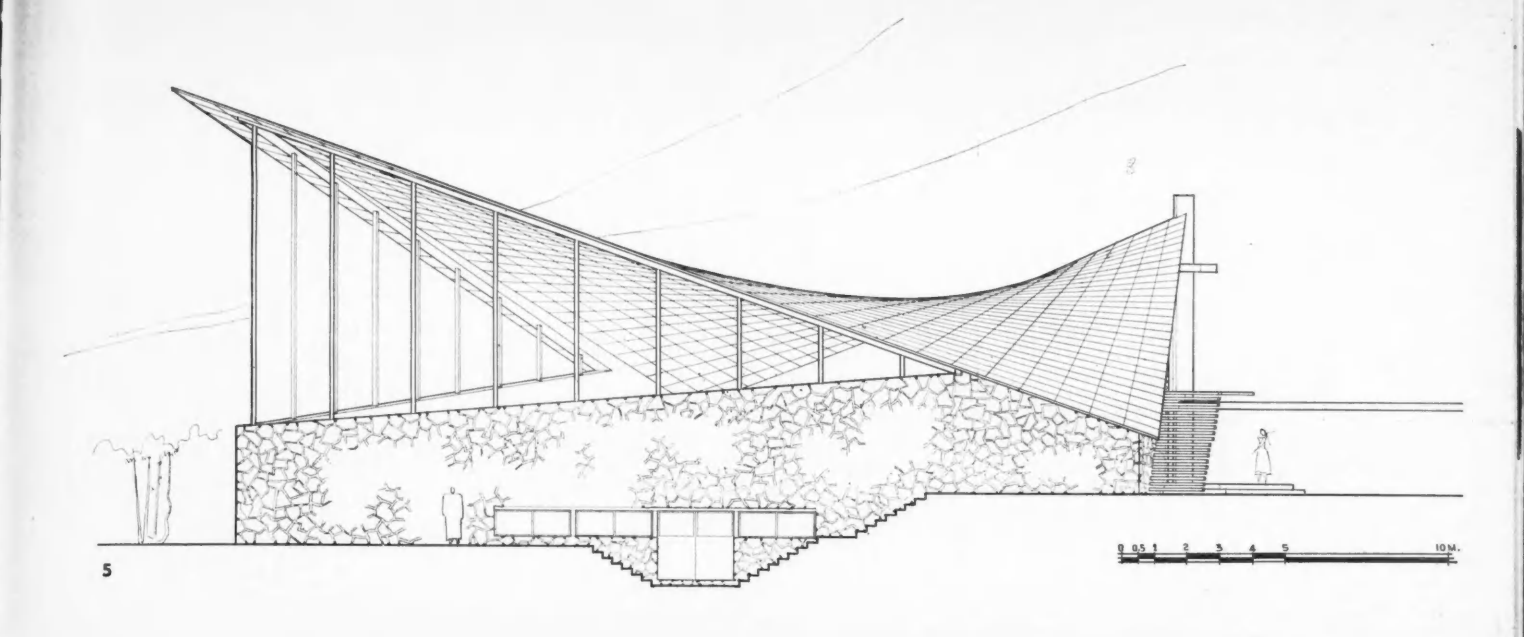
N.-D. DE LA SOLITUDE, COYOACAN



4



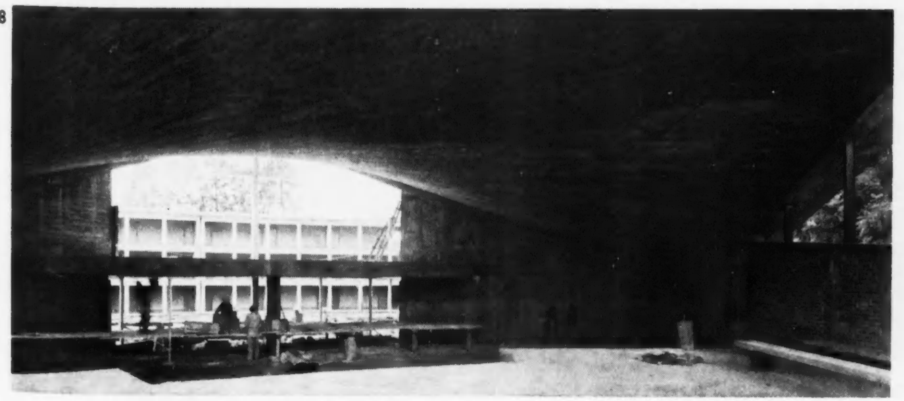
3



5

6

7 8







LES VOILES MINCES ET LA COUVERTURE AUTOPORTANTE

E. Y. Galantay, Attaché à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich, doit bientôt y publier une étude sur les recherches qu'il poursuit sur l'application architecturale des voiles minces en béton armé, tôle et contreplaqué. Il a bien voulu, pour **l'Architecture d'Aujourd'hui,** *résumer cette thèse dans l'article qui suit.*

Les divers domaines de la construction sont interdépendants ; les problèmes élastostatiques restent liés entre eux et nombre de résultats obtenus par des recherches théoriques et expérimentales (celles, par exemple, de la construction navale) peuvent être appliquées en architecture, et les théories fondamentales s'étendre à ce domaine particulier.

Bien que le progrès ne soit pas le même sur tous les plans, que le développement en soit beaucoup plus rapide en aéronautique et demande moins de compromis, par exemple, qu'en architecture, on observe actuellement dans tous les domaines de la construction une tendance générale à l'utilisation de systèmes spatiaux et plus particulièrement un effort pour rendre autoportantes les parois minces délimitant l'espace.

Qu'il s'agisse de véhicules pour transports ferroviaires ou routiers, les constructeurs réalisaient un châssis considéré comme substructure portante sur lequel se plaçait la carrosserie. Aujourd'hui, en s'efforçant de donner à la tôle mince et raidie une forme lui assurant un pouvoir porteur rendant superflue la construction d'un châssis, on est arrivé à la carrosserie autoportante.

Dans la construction des ponts, le tablier n'était qu'un intermédiaire pour transmettre les charges du trafic à la substructure. Aujourd'hui, le tablier est devenu un membre essentiel de la construction principale : c'est ce qu'on appelle une « dalle orthotrope ».

Mais le progrès est encore plus impressionnant en construction aéronautique. Les biplans de 1905-1925 avaient encore fuselage et ailes construites en treillis de tubes ou de profilé d'acier, avec entoilage. Avec l'apparition des monoplans à ailes en porte-à-faux, l'entoilage fut remplacé par un solide revêtement en tôle ou en contreplaqué (v. fig. 1). Ce revêtement, rendu résistant au cisaillement, devait bientôt fournir la rigidité à la torsion et supporter également les efforts tranchants. Et finalement, on laissa la coque supporter les efforts longitudinaux pour arriver à la conception de fuselages d'avions et de fusées presque tous monocoques.

L'utilisation des parois minces s'est imposée également dans la construction de chaudières, réservoirs, tours de réfrigération, même pour le corps d'un navire qui n'est qu'une coque raidie par couples, cloisons et ponts.

En architecture, les parois minces autoportantes trouvent leurs premières applications dans le franchissement de grandes portées. Non seulement des ateliers de fabriques, hangars, marchés couverts, mais aussi des salles de concert, des églises, des stades, peuvent être rationnellement réalisés selon ce principe.

Si l'on observe certains de ces bâtiments érigés selon les modes de construction traditionnels, on est souvent étonné par la multitude des membres linéaires qui reposent l'un sur l'autre : la couverture charge les poutrelles, celles-ci reposent sur des pannes, les pannes sur des poutres en treillis qui, elles, s'appuient sur une ferme ! Souvent on doit encore suspendre un plafond sous la construction portante, et sous ce plafond, un autre plafond acoustique.

On peut se demander si ce démembrement linéaire n'exprime pas une peur ou une ignorance de la notion d'*espace*. Ces constructeurs ont, pour ainsi dire, essayé de « linéariser » les trois dimensions de l'espace. Etant donné cette situation, des réalisateurs doués d'intuition et d'imagination spatiale devaient arriver à l'idée d'utiliser les parois minces de la couverture comme construction portante. Ils ont respectivement découvert que le pouvoir porteur et la rigidité dépendent en premier lieu de la forme, de la surface moyenne des voiles et qu'en beaucoup de cas on peut adapter la forme du voile aux exigences acoustiques et spatiales.

Il va de soi que de telles constructions demandent des calculs assez onéreux de la part des ingénieurs, et leur réalisation, bien des heures de travail d'ouvriers précis et doués. C'est pourquoi, aux Etats-Unis, les constructions linéaires sont encore favorisées : non par le manque de bons ingénieurs, mais par le bas prix des profilés d'acier et par le salaire élevé des ouvriers. Même si on réalise des constructions en voiles minces (Auditorium du M.I.T., de Saarinen, v. p. 50), leur exécution reste en hardiesse bien en arrière de celle des prototypes européens. On peut le constater en comparant les « sveltesses » (quotient de l'épaisseur à la portée). En France, cette valeur est de 1/600 et plus, aux U.S.A., elle atteint rarement 1/500.

En Europe, la construction en voiles minces s'est révélée économique et est entrée dans la pratique. Chaque année, on construit des milliers de m² en voiles et l'on maîtrise de telles portées, avec une économie de matériel telle que nos pères auraient eu bien du mal à se l'imaginer.

Aujourd'hui, il est déjà possible de couvrir n'importe quel espace à l'aide des voiles minces et cela d'une façon élégante et sans erreurs.

Mais une juste conception présuppose la connaissance des jeux d'équilibre dans l'espace et l'architecte doit savoir par quelles mesures constructives il peut influencer avantageusement ce jeu d'équilibres.

THEORIE GENERALE.

A) *DEFINITIONS :*

On désigne d'une manière générale par *voiles minces* les parois minces portantes dont la surface moyenne est à simple ou à double courbure, ou composée de surfaces planes et de surfaces courbes.

On réserve le nom de *voûtes* minces aux voiles travaillant toujours en compression.

Dans les voiles minces, la transmission des charges s'opère essentiellement par l'intermédiaire de forces centrales (compression, traction et cisaillement) dans le plan tangeant à la surface moyenne, forces qu'on suppose uniformément réparties sur l'épaisseur du voile.

En général, un voile mince doit être limité sur ses pourtours par des organes (ceintures, rives, poutres de retombées) susceptibles de résister aux efforts qui leur sont transmis par le voile. Ils jouent le même rôle vis-à-vis des voiles que des appuis vis-à-vis d'une poutre.

B) *HYPOTHESES FONDAMENTALES :*

a. Les matériaux appliqués sont homogènes et isotropes, c'est-à-dire leurs propriétés doivent être les mêmes dans toutes les directions.
b. L'épaisseur du voile est faible par rapport aux dimensions de la surface moyenne.
c. La surface moyenne est continue, c'est-à-dire qu'elle ne présente pas de variations brusques de propriétés comme changement de courbure ou d'épaisseur en deux points voisins.
d. Les forces agissantes ont un taux de variation faible sur la surface du voile ; en particulier, il n'y a pas de discontinuité de chargement ni de charges isolées.
e. Les contraintes normales agissant perpendiculairement à la surface moyenne sont minimes.
f. Les déformations sont minimes par rapport à l'épaisseur du voile.
g. Les points qui se trouvent sur une perpendiculaire à la surface moyenne avant la déformation du voile se trouvent après la déformation également sur une ligne perpendiculaire à la surface moyenne.
h. Les efforts transmis au voile par ses rives agissent dans un plan tangeant à la surface moyenne.
i. Les constructions adjointes au voile ne gênent pas la dilatation du voile, jusqu'au point où les forces exercées sont dans un plan tangeant à la surface moyenne.

Si ces conditions sont remplies, le voile travaille *sans flexion* et se trouve en *état de membrane.*

D'après le principe de Saint-Venant, on suppose que les contraintes locales introduites par les rives aux limites du voile ont une influence négligeable à une certaine distance des rives.

En présence d'appuis isostatiques, les contraintes de la membrane peuvent être calculées directement à partir des trois équations d'équilibre. Si ces conditions ne sont pas remplies (quand, par exemple, le voile travaille à la flexion ou quand les déformations ne sont plus négligeables), ces théories ne suffisent plus.

On suppose donc que l'état de membrane est superposé à un état non exempt de flexion, ce qui nécessite un deuxième calcul beaucoup plus compliqué.

LES MATERIAUX.

A) *LE BETON ARME.*

Pour la réalisation d'ouvrages à très grande portée de caractère permanent, le béton armé s'est avéré un matériau idéal.

Tout d'abord, le béton armé se prête beaucoup mieux que le métal à la réalisation des éléments minces courbes parce que la forme de la surface qui détermine essentiellement le pouvoir porteur des parois minces s'obtient facilement avec le béton armé. L'épaisseur des voiles en B.A. est de l'ordre de 5-10 cm et varie très peu avec la portée. Quant aux éléments de raidissement, ils majorent peu la quantité de béton armé par m² de surface couverte. On s'efforce, par ailleurs, de les supprimer et il est déjà devenu possible de couvrir plus de 2 000 m² de surface avec un voile de 5 cm d'épaisseur sans aucune nervure, sans qu'aucun flambage se produise.

Le problème le plus délicat réside dans la nécessité d'établir des cintres et des coffrages. En effet, le coût des cintres et des coffrages augmente rapidement avec la portée et, pour les portées de plus de 100 m, leur coût surpasse celui des fers et du béton nécessités. Si l'on cherche avant tout à construire dans des conditions économiques, on doit, en premier lieu, essayer de maintenir le coût des coffrages à un très bas prix :

a) En les édifiant aussi légers que possible ;

b) En perfectionnant les moyens de mise en œuvre ;

c) En exécutant sur le sol des éléments moulés autant que possible d'avance.

C'est ici que se révèle l'interdépendance de la théorie pure et de la mise en œuvre. Si un système de coffrage se montre très avantageux, on n'hésitera pas à s'éloigner des conditions mathématiques les plus logiques pour choisir une forme plus appropriée à la mise en œuvre. Et inversement : « si l'analyse minutieuse des conditions mathématiques d'équilibre local permet de résoudre un problème avec vigueur et simplicité, on devra demander au chantier de s'adapter et faire effort » (Laffaille).

En France, les premières réalisations impressionnantes de couverture autoportante furent les hangars de dirigeables à Orly (Freyssinet 1916). L'intuition et l'imagination spatiale jouèrent un grand rôle dans l'étape suivante caractérisée par une tendance à l'utilisation des surfaces gauches. La grande rigidité de ces voiles est due à la double courbure inverse de leur surface moyenne. L'autre avantage considérable est la possibilité de disposer les coffrages suivant les génératrices droites. La théorie des paraboloïdes hyperboliques a été développée par MM. Aimond et Laffaille, celle des conoïdes par MM. Laffaille, Beschkine, Fauconnier, Boussiron.

En Allemagne, l'application des voiles minces commence en 1922 quand la firme Zeiss (optique) commande des coupoles sphériques d'épaisseur faible et de courbures très exactes pour ses « planétariums ». Le système à maille Zeiss (voir p. 30), où le réseau métallique triangulé remplace le coffrage et sert d'armature, a été conçu par Bauersfeld en collaboration avec la firme Dyckerhoff et Widmann. A.G. Dès lors, la firme Dywidag eut une sorte de monopole de la construction en voiles minces et elle investit des sommes considérables dans la recherche théorique et expérimentale pour permettre de progresser.

L'évolution suivante se caractérise par une approche rigoureusement mathématique des problèmes et par les noms de deux grands ingénieurs : Dischinger et Finsterwalder. Ce dernier développe la théorie des poutres cylindriques système Dywidag et, en général, la théorie des surfaces développables. Dischinger invente les voiles à surface de translation qui permettent de couvrir des superficies rectangulaires ; il développe la théorie des coupoles sphériques sur plans triangulaires, carrés ou polygonaux, celle des coupoles avec un nombre minimum de points d'appui, la théorie des absides (demi-coupoles) (v. p. 38). C'est toujours Dischinger qui a découvert le principe de l'équilibrage statique des masses qui permet de calculer les systèmes spatiaux qui dérivent de formes symétriques par déformation linéaire. Ainsi est-il devenu possible de ramener le calcul d'une coupole sur plan elliptique, ou ovale, à celle d'une coupole à révolution.

L'apport de l'Espagne est dû au professeur Torroja y Miret, qui a construit des œuvres remarquables comme les bâtiments du Fronton Recoletos (v. p. 30), le nouvel Hippodrome à Madrid et le Marché Couvert d'Algésiras. C'est lui qui développa la pratique d'essais sur modèles réduits et celle des mesures sur les ouvrages exécutés, méthodes qui rendent possible le contrôle des calculs. Rappelons également les études de F. Candela au Mexique (v. p. 22).

En Italie, l'évolution est liée au nom du professeur Nervi, dont l'activité est bien connue (v. *A.A.* n° 48).

B) *LE PRECONTRAINT.*

Le précontraint ouvre un vaste champ d'application pratiquement inexploré. L'expérience montre que dans le béton armé soumis à des efforts de traction croissants, les aciers enrobés s'allongent, et le béton, ne pouvant plus suivre le mouvement, se fissure. On est donc obligé de considérer le béton de la zone en traction comme non effectif. Comme le béton précontraint ne se fissure pas, même celui de la zone en traction est effectif et la totalité d'une section peut donc être employée, d'où une économie des matériaux par rapport au béton armé. Cet avantage rentre surtout en jeu pour les grandes portées. On a déjà réalisé des voiles précontraints dans toute leur surface qui assurent des avantages importants, tels que l'imperméabilité.

C) *LA TOLE D'ACIER.*

En construction métallique, les parois minces portantes ont été utilisées en premier lieu pour des réservoirs, gazomètres, chaudières, etc. L'application de la tôle d'acier pour les couvertures autoportantes a été étudiée par B. Laffaille (v. p. 30) qui développa cette théorie avec Beschkine. Les hangars remarquables de Cazau et Dijon avec voiles cylindriques de 35 m de portée en tôle de 3 mm d'épaisseur ont été exécutés par la maison Delattre et Frouard. Nous reprenons ici les idées exposées par Beschkine dans son étude sur les « Surfaces autoportantes minces métalliques » (Mémoires IVBH., Zurich 1936).

Dans la construction en béton armé, les éléments d'ossature peuvent être à des distances assez importantes les uns des autres, sans crainte du flambage de la surface. Au contraire, dans le cas de la construction métallique, les faibles épaisseurs pratiquement utilisables (1 à 4 mm au lieu de 4 à 10 cm pour le béton armé) rendent impossible l'utilisation des voiles minces sans nervures raidissantes.

Pour réaliser des surfaces métalliques autoportantes, on a appliqué deux procédés totalement différents. On peut, soit s'imposer la condition qu'en aucun point le voile ne travaille en compression, le voile métallique faisant office de toile tendue sur un cadre, soit diminuer les rayons et les distances entre raidisseurs pour obtenir des éléments pouvant résister à la compression.

Dans le premier procédé, on est conduit à réaliser des surfaces à courbures opposées, de manière à avoir toujours une direction en traction, quel que soit le sens de l'effort appliqué. Ces surfaces sont, en principe, de révolution, de manière à permettre de constituer des éléments d'assemblages identiques.

Dans le deuxième cas, on réalise des surfaces ayant au moins un rayon de courbure très petit par rapport aux dimensions de l'ouvrage. C'est ce qu'on appelle des « membranes à cadre ». Dans tous les cas, les voiles doivent être réalisés par des surfaces développables, l'obtention des surfaces non développables en métal, par exemple par emboutissage, étant très onéreuse.

Dans des conditions normales d'emploi, l'épaisseur minima des tôles est déterminée par l'exigence de la résistance à la corrosion, de sorte que les efforts restent nettement inférieurs aux fatigues limites.

D) *LA TOLE D'ALUMINIUM.*

Les alliages d'aluminium sont rarement utilisés pour des couvertures autoportantes. Il s'agit tout d'abord d'un matériau coûteux ; d'autre part, les faibles valeurs du module d'élasticité ont une influence défavorable sur la stabilité (flambage, voilage, etc.). Autre inconvénient : la soudure des tôles d'aluminium n'est pas encore entièrement au point.

Les avantages de l'aluminium sont : sa bonne résistance à la corrosion, une haute résistance mécanique, des frais modérés d'entretien, et avant tout sa légèreté. Grâce à ces propriétés, l'aluminium se montre un matériau approprié aux constructions démontables qui doivent souvent être transportées (pavillons d'exposition, cirques, etc.). La réduction des frais de transport (due à la légèreté de la construction) y joue un rôle décisif. Quand l'économie n'est pas le seul facteur déterminant, les couvertures autoportantes en aluminium peuvent également être appliquées à des constructions permanentes.

L'avant-toit de l'aérogare de Zurich (v. p. 30) peut servir d'exemple : il se compose de 16 voiles en Aluman ondulé raidi par des arceaux transversaux de forme trapézoïdale. Il mesure 16 m de longueur avec 10 m de portée et 6 m en porte-à-faux. La structure a visiblement été empruntée à la construction aéronautique.

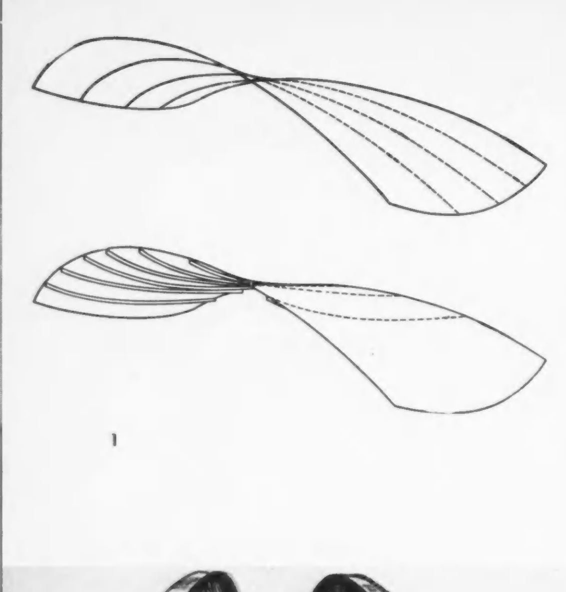
E) *LE CONTREPLAQUE.*

Nous supposons connu le fait que le contreplaqué se compose d'un certain nombre de feuillets minces en bois déroulé ou tranché, disposés en « croisé » et collés les uns sur les autres sous pression. Depuis quelque temps, on fabrique des panneaux insensibles à l'humidité atmosphérique et à l'action de la pluie. L'aviation a été la première à en profiter. On se souvient du fuselage monocoque en contreplaqué des bombardiers légers « Mosquito » (fig. 2). Aujourd'hui encore, les usines de Havilland fabriquent les chasseurs « Vampire » et « Venom » partiellement en contreplaqué selon la méthode suivante :

Le fuselage se construit en deux demi-coques. Entre les deux couches de contreplaqué qui transmettent les efforts tranchants est collée une légère ossature en « spruce » (sorte de bois). Les espaces formés par l'ossature entre les deux couches sont remplis de bois poreux, très légers (Balsa), pour éviter le flambage des panneaux en contreplaqué. On emploie une colle spéciale à bois synthétique appelé « Aerolite » qui colle le tout définitivement en cinq ou six heures par une température de 20° C. Pour donner aux panneaux leur forme définitive, ils sont tendus sur des moules appropriés au moyen de bandes d'acier flexibles, et chauffés électriquement. Sur la coque achevée, on colle, en guise de protection, une toile isolante traitée avec une couche de vernis Nitro pigmenté d'aluminium.

Le contreplaqué traité de cette façon ou selon d'autres procédés comparables (comme ceux du cintrage à vapeur, de l'imprégnation ou de la densification, etc.) peut être utilisé en architecture, et trouvera son champ d'application en premier lieu dans la construction de petits voiles à courbures prononcées ou de formes très compliquées.

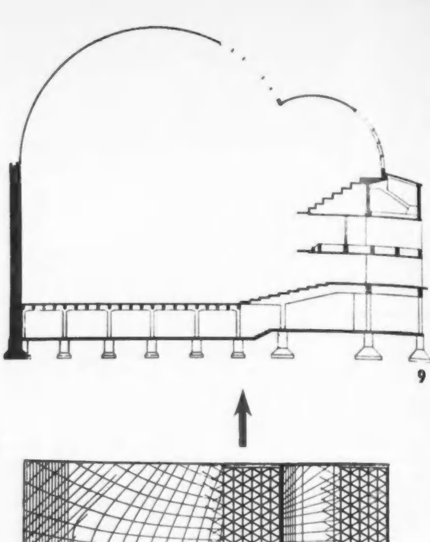
(Voir suite page 32.)



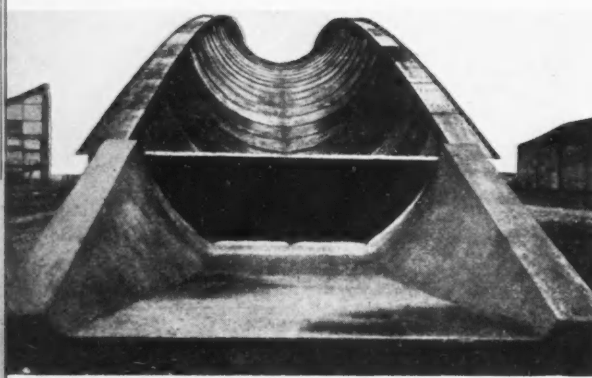
1

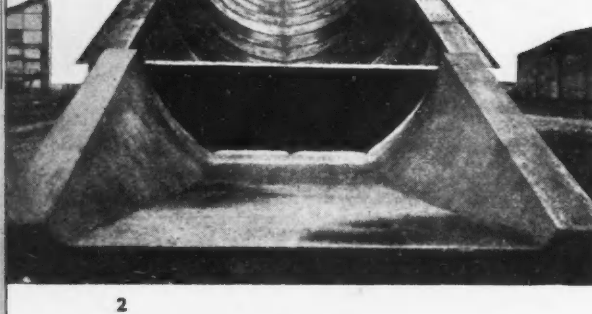


4

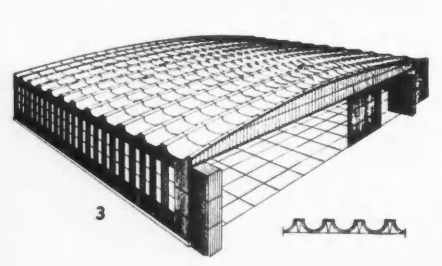


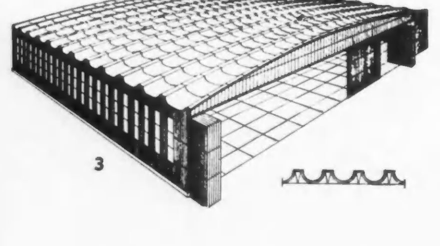
9



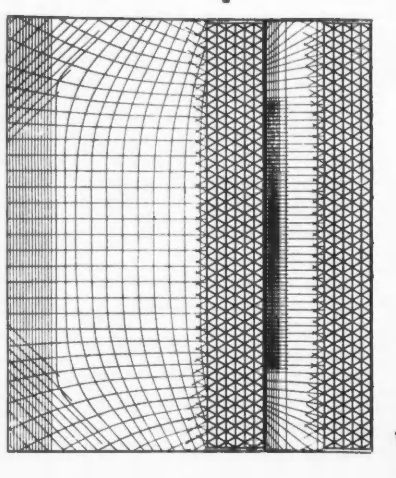


2

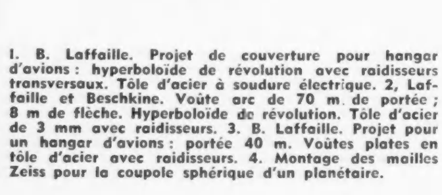




3



10

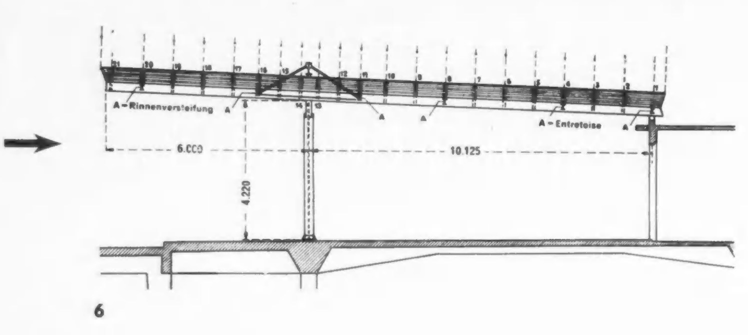


1. B. Laffaille. Projet de couverture pour hangar d'avions : hyperboloïde de révolution avec raidisseurs transversaux. Tôle d'acier à soudure électrique. 2, Laffaille et Beschkine. Voûte arc de 70 m. de portée ; 8 m de flèche. Hyperboloïde de révolution. Tôle d'acier de 3 mm avec raidisseurs. 3. B. Laffaille. Projet pour un hangar d'avions : portée 40 m. Voûtes plates en tôle d'acier avec raidisseurs. 4. Montage des mailles Zeiss pour la coupole sphérique d'un planétaire.

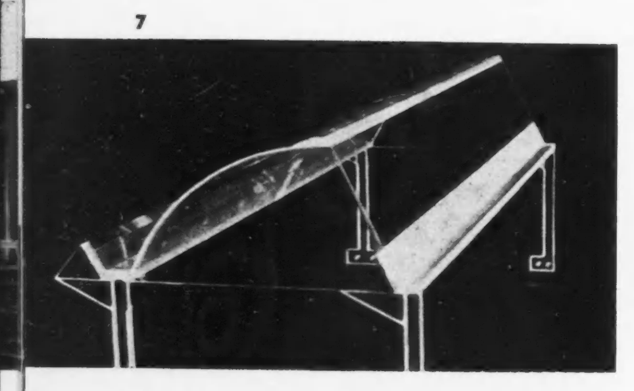
5 et 6. Aérogare de Zurich, vue de l'avant-toit et coupe longitudinale. 7. Maquette d'un shed cylindrique en plexiglas. Institut du professeur P. Lardy. 8. Remise de tramways à Budapest. Coupe transversale. Voiles cylindriques en porte-à-faux du type « marquise de quais » liés par bandeaux d'éclairage à deux pans. 10. Coupes transversales sur trois types de voûtes cylindriques longitudinales. Les directrices sont : A. La cycloïde. B et C. Segments d'arcs de cercle.



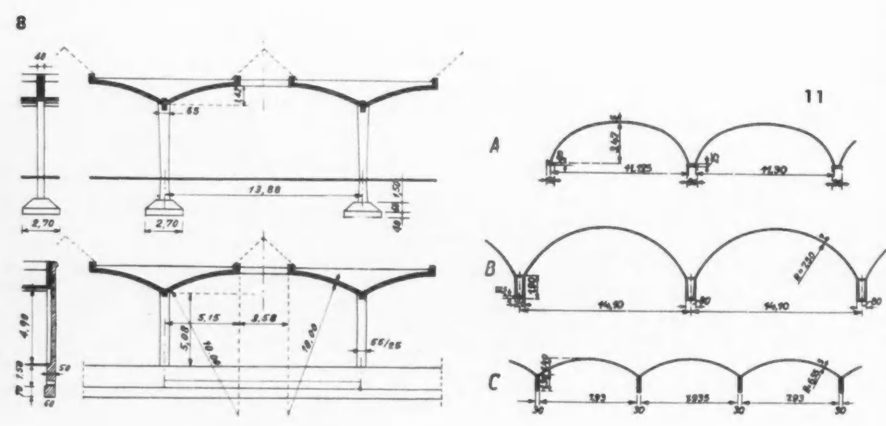
5



6



7



8

11

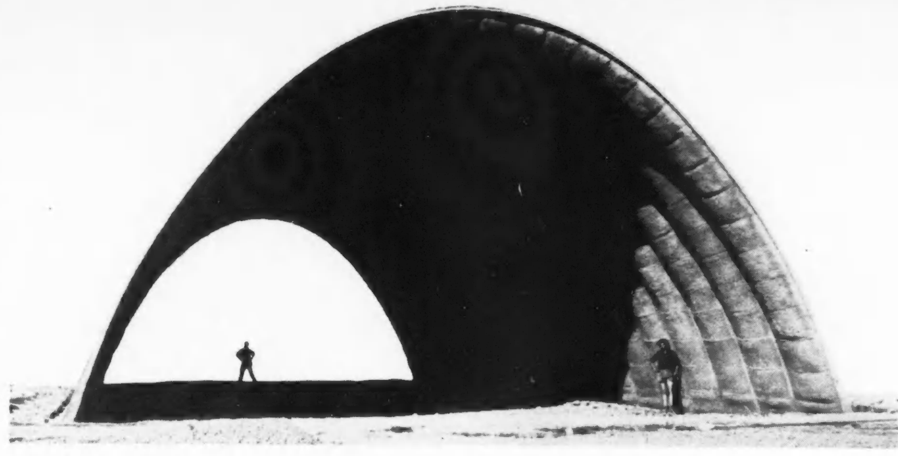
Voûte rigidifiée et rendue autostable en lui donnant une inertie transversale grâce à des ondes longitudinales espacées tous les 1,75 m. Les ondes présentant de grosses difficultés de réalisation de coffrages, ceux-ci ont été remplacés par du métal déployé petites mailles qui est laissé dans le béton de la voûte.

Avant coulage du béton on dispose un quadrillage en diamètre 6 mm suivant la courbure des ondes pour renforcer le béton qui est coulé sur le métal déployé suivant la courbure de celui-ci en commençant par les retombées de la voûte.

Le métal déployé est déroulé sur les cintres en bois disposés tous les 1,75 m pour correspondre à chaque sommet d'onde.

La surface est terminée par un enduit riche en mortier de ciment formant étanchéité. La sous-face est obtenue en lissant le béton. Epaisseur totale du voile : 6 cm.

La poussée due à la voûte peut être équilibrée par le sol lui-même qui forme butée sous la semelle sur laquelle s'appuie la voûte.



Entreprise Bonnaffous à Montauban

COUVERTURE PAR VOUTE A ONDES AUTO-STABLES. CASTELSARRAZIN. FRANCE

M. ET A. REIMBERT, INGÉNIEURS-CONSEILS



GARAGE A PARIS

ALBERT SAMUEL, INGÉNIEUR

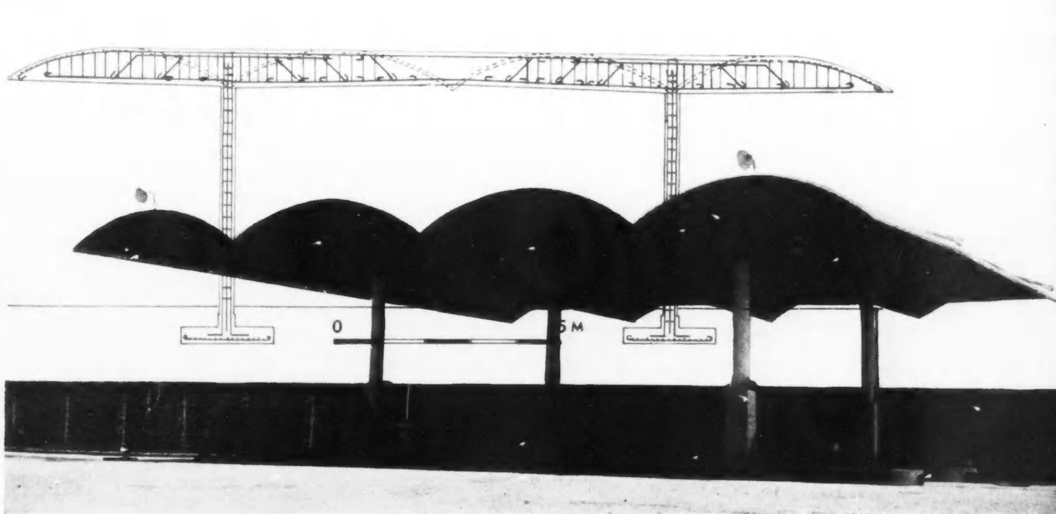
L'élément principal de cette couverture, par ailleurs assez complexe étant donnée la forme du terrain, est constitué par un voile cylindrique à section dissymétrique de 40 m de portée.

Caractéristiques : aucune retombée ni tirant intérieur, tympans libres ; équilibre interne compatible avec une réalisation par tranches successives dans le sens de la portée.

L'éclairage se fait par une bande de 1,60 m de hauteur située entre le point haut d'un voile et le point bas du voile suivant.

La stabilité transversale est assurée par l'action mutuelle d'un voile sur l'autre par l'intermédiaire des meneaux de faibles sections situés dans le plan du vitrage.

Au droit des meneaux, le voile est renforcé par des nervures extradossées. L'épaisseur du voile varie de 3 à 6 cm. Son armature principale est constituée par des câbles précontraints suivant le système Freyssinet.



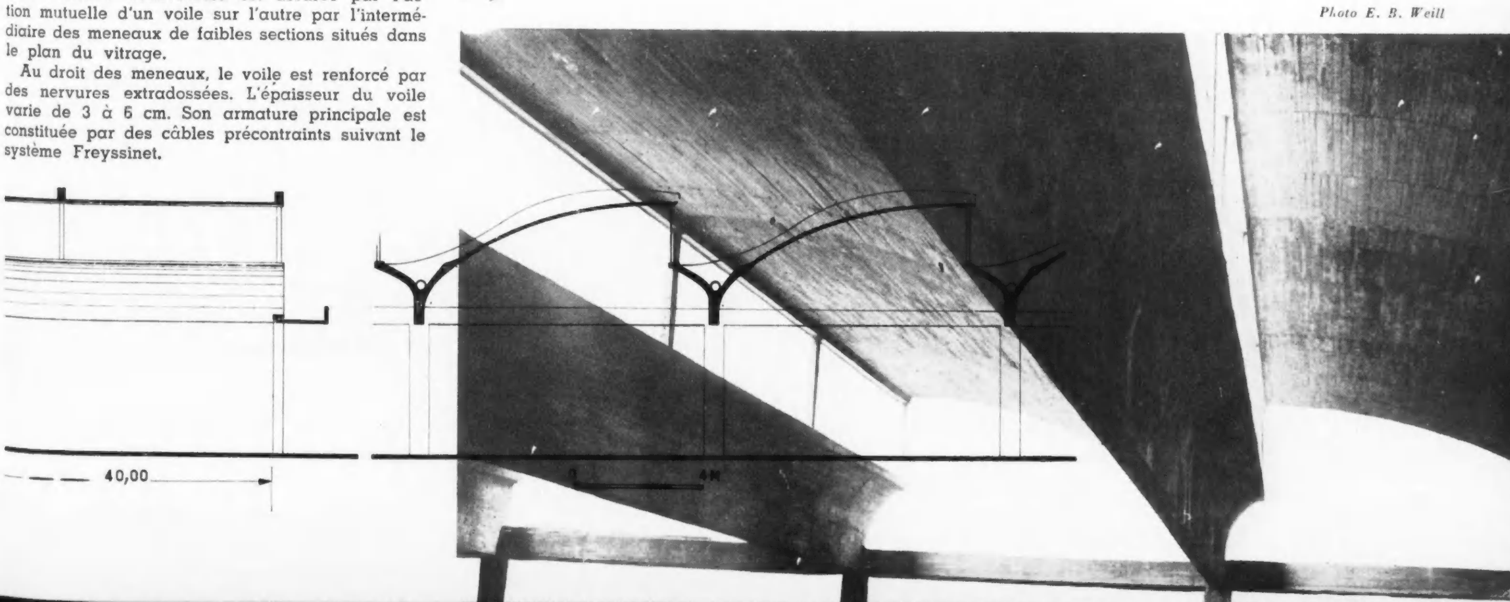
STATION D'AUTOBUS A BOGOTA

ORTEGA ET SOLANO, ARCHITECTES,

G. GONZALES, INGÉNIEUR

Voûtes cylindriques longitudinales avec fermes au-dessous des voiles. Superficie couverte : 410 m². Quatre poteaux de 25 cm de diamètre forment points d'appui.

Photo E. B. Weill



(Suite de la page 29.)

On peut prévoir une expansion rapide des voiles en contreplaqué aux U.S.A. où le « structural plywood » offre une matière première bon marché. On y fabrique aussi des panneaux en contreplaqué « Duraply » dont la surface est en plastique, que l'on utilise surtout dans l'industrie des canots. Par traitement à l'urée on provoque une thermoplasticité des panneaux, qui peuvent être déformés, courbés, etc., puis se stabilisent par refroidissement et gardent bien la forme imposée.

F) LE SANDWICH.

Il existe enfin une méthode de construction qui préoccupe actuellement beaucoup les constructeurs : la plaque « Sandwich » constitue un voile rigide à la pression ; il se compose de deux plaques minces extérieures portantes, liées entre elles par l'intermédiaire d'un matériau de remplissage élastique. Ce matériau de remplissage augmente la rigidité au flambage des deux voiles minces. Les matériaux utilisés sont : pour les plaques : la tôle, le contreplaqué, les résines synthétiques moulées sous pression ; pour le remplissage : résines mousseuses ou matériaux en fibre légère (balsa par exemple). Comme agglutinant on utilise également une résine de haute élasticité.

Actuellement, la construction aéronautique bénéficie de cette méthode, mais l'architecture pourrait certainement en tirer parti. Les matériaux de remplissage pourraient, par exemple, servir en même temps d'isolation thermique entre deux couches portantes d'un voile mince métallique. Mais jusqu'à présent on n'a pas encore pu trouver de solution économique pour l'utilisation du « sandwich » dans le bâtiment.

SYSTEMES.

I. VOILES DEVELOPPABLES.

1° VOUTES CLASSIQUES.

Les premières voûtes construites en béton armé ressemblaient à des voûtes en maçonnerie. Leur surface moyenne affectait la courbe funiculaire des charges permanentes, les directrices étaient donc des chaînettes ou des paraboles. Il s'ensuit que les sections des voûtes ne subissaient que des efforts de compression simple sous les charges permanentes (poids propre et neige). Dans les voûtes classiques les charges sont transmises aux appuis suivant les directrices, ce pouvoir porteur en direction des génératrices (dir. longitudinale) n'existant pas. Ces voûtes exercent une forte poussée latérale qui doit être absorbée au moyen de tirants. Les problèmes de stabilité (flambage, voilage, etc.) ont une très grande influence. Pour des écartements relativement proches on doit prévoir des fermes raidissantes ainsi que des nervures longitudinales si le voile est de faible épaisseur.

2° POUTRE CYLINDRIQUE (Système Dywidag).

On s'est vite aperçu que le pouvoir porteur en direction des génératrices (dir. longitudinale) dépend de la forme de la directrice. Plus la surélévation de la courbe directrice hors de la chaînette est grande, plus le pouvoir porteur en direction longitudinale augmente. On peut considérer comme prototype le *tube cylindrique* des voiles qui a été maintes fois utilisé comme « poutre », notamment pour les cas où une grande rigidité à la torsion était également exigée. (Conduites autoportantes, souffleries, couverture pour hangar d'avions, v. p. 28, fig. 4). Il a été prouvé que même un demi-tube ou un quart de tube cylindrique possède ce grand pouvoir porteur à condition d'être raidi transversalement par des fermes-tympans verticales. Ces considérations ont mené au développement des *voûtes cylindriques* Dywidag. Celles-ci ne reposent pas sur les rives latérales mais sur les tympans seulement. La voûte est considérée comme une poutre dont la hauteur serait la flèche de la voûte, dont les appuis seraient les tympans et dont la portée serait la distance entre ces tympans. Les rives latérales ne doivent donner aucune poussée, c'est pourquoi on choisit la courbe directrice de la voûte de manière à présenter en rive une tangente verticale. On a choisi comme directrice une demi-ellipse ou la cycloïde en tant que courbes faciles à représenter analytiquement. Mais celles-ci ont une hauteur trop importante par rapport à la portée et conduisent à des surfaces développées trop grandes pour être réellement économiques. Aussi ces surfaces ont-elles de fortes déclivités et entre deux voûtes adjacentes se produisent de fortes accumulations de neige. On a donc abandonné la solution de la tangente verticale et on est arrivé à la forme définitive des voûtes cylindriques longitudinales : l'ensemble se compose de segments d'arcs entre deux tympans verticaux et à chaque rive latérale avec une poutre de retombée. Ce dispositif permet d'obtenir une structure que l'on peut qualifier de poutre en T spatiale. Le voile agit comme table de compression et les poutres de retombées travaillent à la traction. Dans la poutre en T linéaire, la compression sollicite seulement une partie de la table, tandis qu'elle sollicite la voûte dans toute sa largeur d'autant que la surélévation de la courbe directrice est plus grande par rapport à la chaînette.

Etant donné que dans ces voiles l'état de membrane est superposé à des moments de flexion, les conditions des rives sont d'une très grande importance. Les moments de flexion sont dus à des dilatations inégales du voile et des tympans, mais principalement à celle du voile et des poutres de retombée. L'action simultanée du voile et de ses rives peut être calculée avec les équations de la théorie d'élasticité. On suppose la voûte et la poutre de retombée séparées par une fente fictive dans laquelle interviennent les efforts en bordure qui correspondent à l'équilibre sans flexion. Le système de forces dont l'action équivaut à la fermeture de cette fente fictive se compose de forces verticales, de forces horizontales, des moments, ainsi que des efforts tranchants qui agissent dans la direction de la fente. C'est donc un système quatre fois indéterminé. La solution est une équation différentielle partielle de huitième ordre.

Les voûtes cylindriques longitudinales sont toujours appliquées en série. La grande Halle de Marché de Budapest (v. p. 30) peut servir d'exemple-type. Une surface de 11.000 m² environ (240 × 48 m) était couverte sans appuis par 18 voiles cylindriques Dywidag d'une épaisseur de 6 cm.

Une application audacieuse des voiles cylindriques, la couverture du Fronton Recoletos à Madrid, fut conçue par le Professeur Torroja (v. p. 30). Deux voiles cylindriques dont la directrice est formée par des arcs de cercle de diamètres inégaux se coupent orthogonalement en forme de mouette. Pour prévoir un éclairage abondant par deux bandeaux vitrés, les voiles sont partiellement remplacés par des treillis triangulaires de même rigidité à la flexion. La surface couverte est de 1.800 m² env. (55 × 32,5). La portée des voiles est de 55 m et leur épaisseur de 8 cm sans fermes ni nervures. L'ouvrage a malheureusement été détruit pendant la guerre civile.

3° VOUTES CYLINDRIQUES TRANSVERSALES.

Elles ont été développées à partir des voûtes Dywidag longitudinales (voir p. 30). L'écartement entre deux fermes-tympans de ces voiles est plus petit que l'écartement entre les retombées. La différence entre ce type de voile et la voûte classique tient dans la suppression des nervures longitudinales et des tirants, une plus grande distance entre les fermes (due au pouvoir porteur longitudinal) et une plus grande rigidité au voilement. Ce type de voile constitue le remplacement moderne des voûtes classiques.

4° FORTE-A-FAUX.

Les voiles cylindriques peuvent également être utilisées *en porte-à-faux*. Normalement, le porte-à-faux est en direction de la directrice.

L'application la plus commune est celle des marquises de quais. Deux voiles se coupent en une génératrice commune formant « mouette ». Les appuis de la mouette peuvent être très écartés. On les calcule le plus souvent en supposant que les déformations des deux voiles, ainsi que celle de la mouette travaillant à la traction, sont égales.

On peut employer cette forme de voile pour la couverture de halles en les liant par des bandeaux d'éclairage à deux pans.

Pour la couverture des tribunes, etc. on applique aussi des voiles cylindriques ou coniques en porte-à-faux dans la direction des génératrices. Il semble pourtant que les conoïdes et les hyperboloïdes de révolution soient plus indiquées pour de telles constructions.

5° COUVERTURES EN SHEDS.

Une des applications des plus importantes des voiles cylindriques est celle des couvertures en Shed. Ces voiles sont asymétriques et continus sur plusieurs travées. Le bord supérieur d'un voile est relié au chéneau inférieur du voile suivant par les montants des vitrages, de telle sorte que les deux rives subissent les mêmes déformations. Ainsi se forme une suite de voiles s'appuyant mutuellement les uns sur les autres.

La partie vitrée peut être disposée en un plan oblique ou vertical. Si elle est verticale, la qualité de la lumière est meilleure par l'absence de forts changements d'éclairage. Si elle est oblique, l'arrivée de la lumière est plus grande, mais on est obligé de renforcer les panneaux de verre. La consommation de matériau est moins importante du fait qu'une partie de la surface de la couverture est remplacée par du verre.

En projetant des voiles cylindriques on doit penser à placer les fermes ou au-dessous, ou au-dessus du voile. Si les fermes sont au-dessus du voile, la surface intérieure n'est pas affectée en tant que réflecteur de la lumière du jour : l'absence des fermes intérieures permet un facile déplacement des coffrages. Les désavantages sont : une plus grande consommation de matière, parce que le voile ne peut pas être considéré comme table de compression dans le sommet des fermes. L'isolation est plus difficile, et l'aspect extérieur moins favorable.

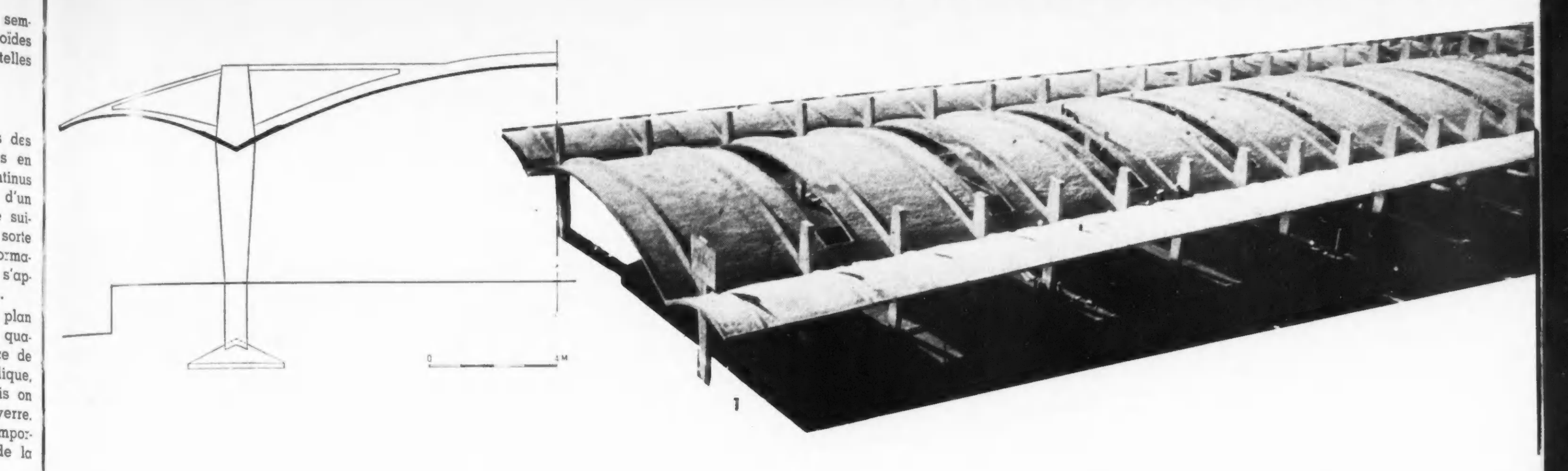
6° COUPOLES POLYGONALES.

Si l'on découpe une voûte en berceaux cylindriques par deux diagonales, on obtient quatre surfaces dont les deux latérales sont appelées « voussures ». Par la combinaison de telles voussures, nous pouvons obtenir des voûtes en arc, soit sur plan carré, soit sur plan polygonal. Les efforts se concentrent principalement dans les arêtes, ce qui nécessite l'application des fermes d'arêtes spéciales. L'action de coupole fait naître des efforts de ceinture analogues à ceux d'une coupole à révolution. Plus le nombre d'angles est faible, plus ces forces annulaires sont grandes et comparables à celles d'une surface de rotation. Si le nombre d'angles devient infini, la coupole polygonale devient une surface de révolution. Dans le cas normal (nombre d'angles 6, 8, 10, 12, 16), à l'action de coupole vient s'ajouter une action de poutre, car les voiles cylindriques raidis suivant les arêtes agissent à la manière de grandes poutres spatiales et transmettent les charges sur les colonnes d'angle par l'intermédiaire des arêtes. L'action de poutre des voiles cylindriques composant la voûte dépend, ici aussi, de la surélévation hors de la chaînette de la forme de leurs méridiens. Les voussures des grandes halles du marché de Leipzig avaient une forme elliptique. Pour absorber leur poussée on a dû soutenir ces voiles aux retombées par des arcs porteurs. Quand on a étudié les projets des halles du marché de Bâle (v. p. 38), le choix s'est porté sur la cycloïde, courbe qui possède une surélévation beaucoup plus grande que l'ellipse. C'est pourquoi la poussée diminue rapidement du sommet aux retombées. On pouvait donc renoncer aux arcs porteurs, les voiles se portant d'eux-mêmes librement entre les arêtes.

7° VOUTES CROISEES.

On obtient des voûtes croisées par pénétration de deux voiles cylindriques. Dans les voûtes en arc, les arêtes ne sont pas sollicitées à la flexion grâce aux forces annulaires. Dans les voûtes croisées, de telles forces annulaires ne peuvent évidemment se produire. Pourtant, il est possible de supprimer presque complètement les moments de flexion en donnant une grande rigidité aux tympans frontaux. Les voûtes croisées ont une bonne acoustique et on peut les éclairer facilement en disposant des fenêtres dans les tympans. La lumière est répartie par réflexion sur les voûtes jusqu'au milieu de l'espace intérieur. Le projet bien connu de l'aérogare de St. Louis (U.S.A.) (v. p. 40) peut servir d'exemple de l'application des voûtes croisées.

(Voir suite page 39.)



BATIMENT DE DOUANE, MEXICO

F. CANDELA, INGÉNIEUR

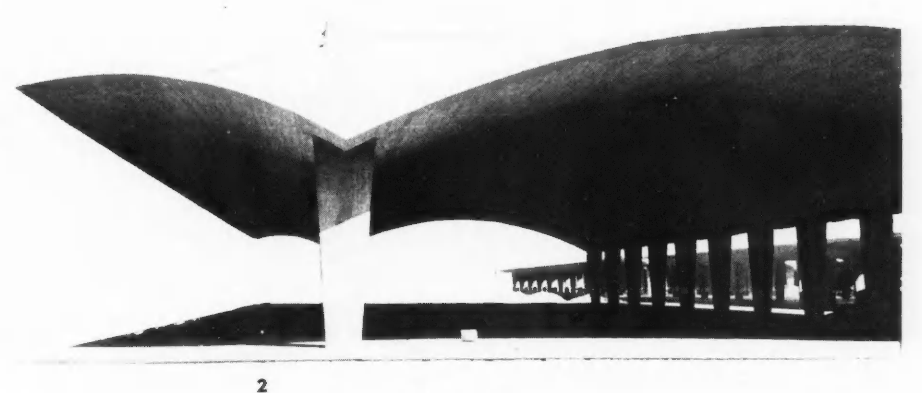
1 et 2. Voûtes cylindriques transversales. Fermes au-dessus des voiles. Béton de 4 cm avec nervures de tension tous les 5 m coïncidant avec les poteaux.

FILATURE A PILAR, ARGENTINE

J.-L. DELPINI, ARCHITECTE

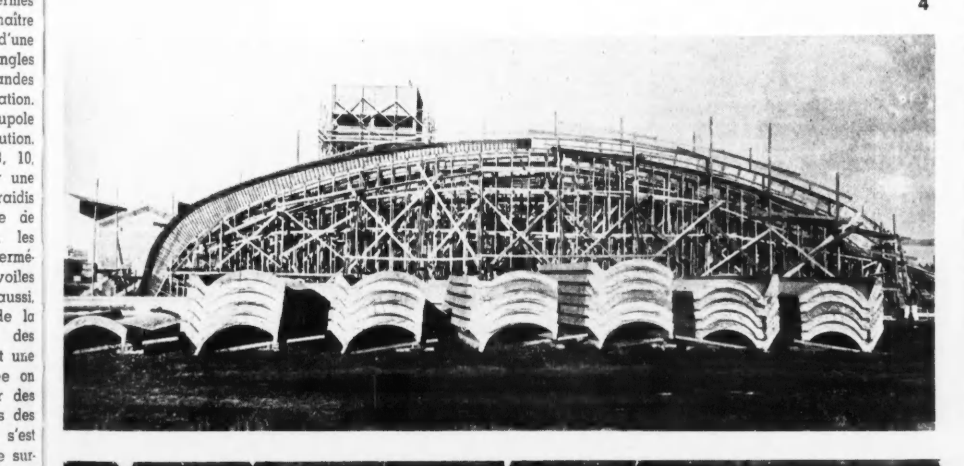
3 et 4. Sheds cylindriques préfabriqués.

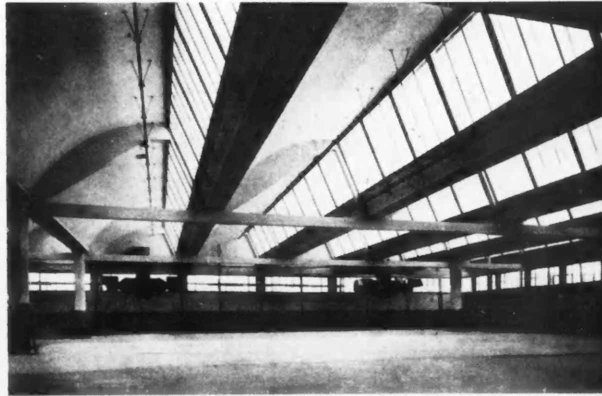
5 et 6. Vue intérieure et extérieure de sheds cylindriques d'usine.



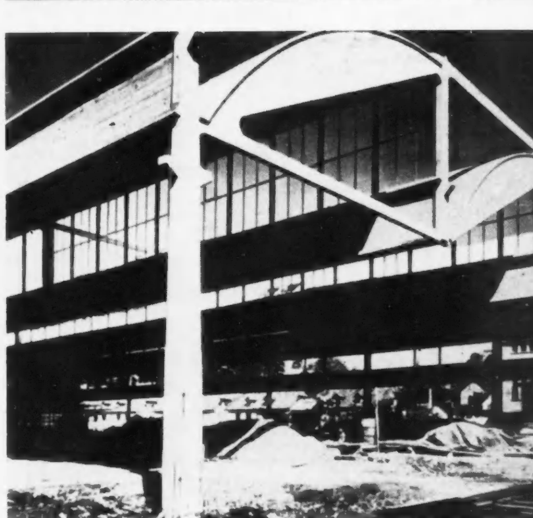
2

3/4 5/6



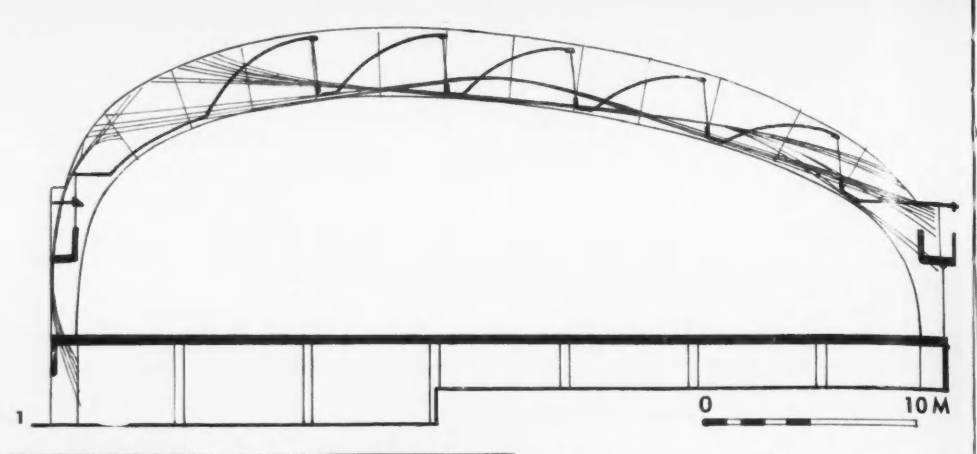




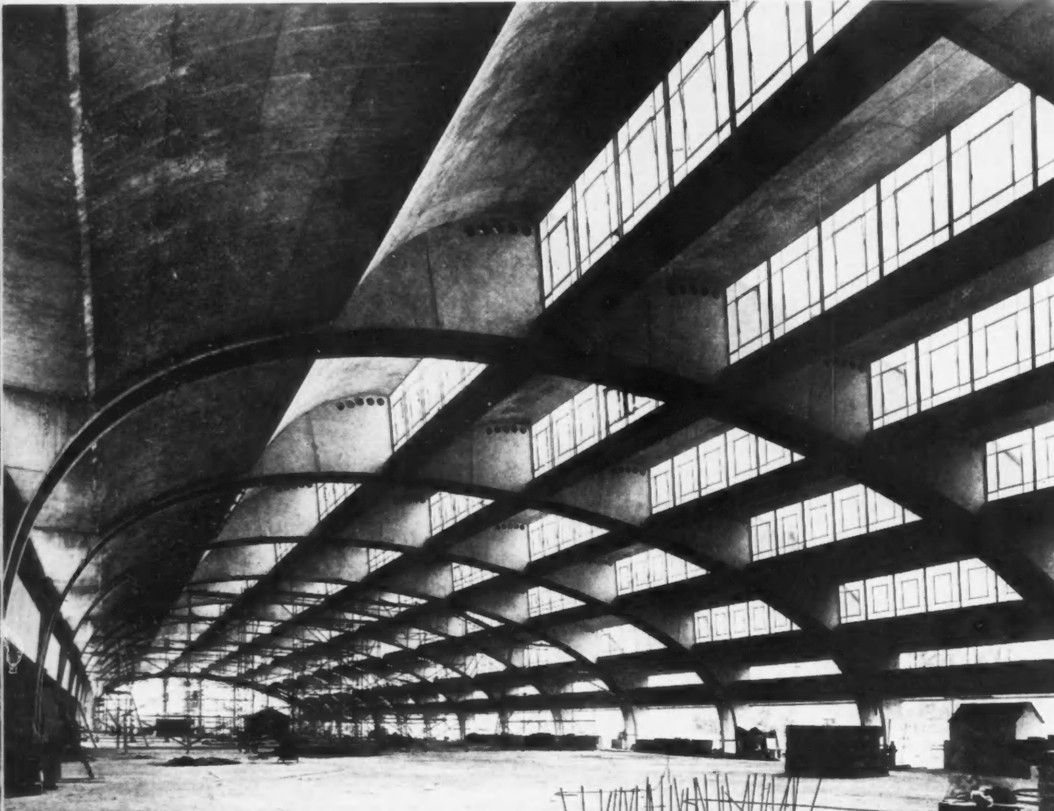


IMPRIMERIE A DEBDEN, GRANDE-BRETAGNE

EASTON ET ROBERTSON, ARCHITECTES



1



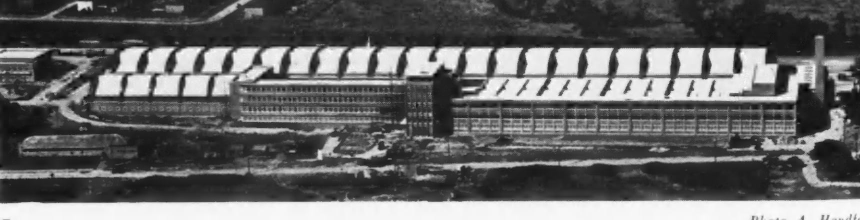
2

Cette imprimerie, réalisée pour la Banque d'Angleterre, comprend deux parties :

1° *Grand hall :* fermes en arcs étudiés selon une équation du 4ᵉ degré. Chaque ferme se compose de deux arcs de 22,3 cm d'épaisseur et de hauteur variable (1,22 à 3,05 m) écartés de 1,06 m. L'espace entre les deux arcs contient les canalisations et conduits. Les tirants sont noyés dans la dalle. Les arcs ont été moulés en segments au sol (poids d'un élément : 5 tonnes). Après érection, ils ont été précontraints selon le système Freyssinet.

Par contre, les sheds cylindriques ont été coulés sur coffrages démontables. Ecartement entre fermes : 12 m environ.

2° *Atelier annexe :* fermes de 28,6 m de long et 2,6 m de haut en double porte-à-faux sur deux points d'appui centraux. Poutres précontraintes selon le système « Gifford-Udell-CCL ». Les sheds cylindriques ont été, dans ce cas, préfabriqués. Ecartement entre points d'appui : 24' (7,30 m environ).



5

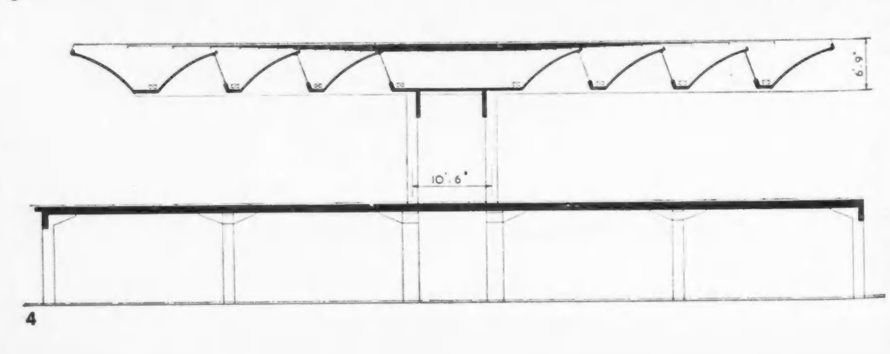
Photo A. Handford

1. Coupe transversale. 2. Vue intérieure du hall. 3. Détail de la couverture. 4. Coupe longitudinale. 5. Vue d'ensemble de l'imprimerie.

Doc. Building Material Digest

3





4

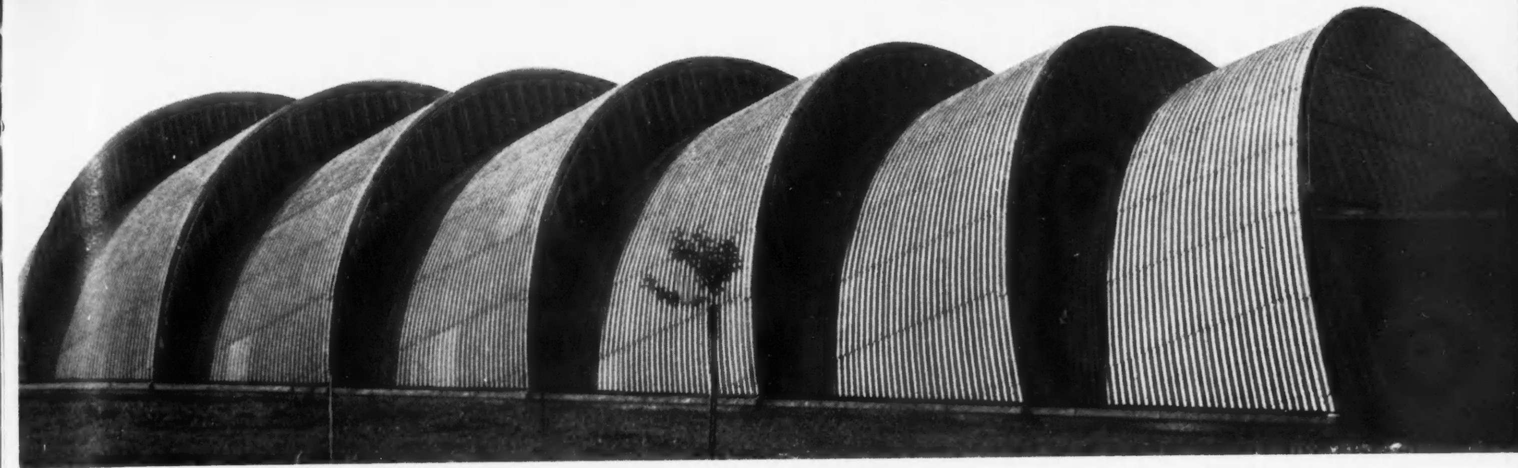
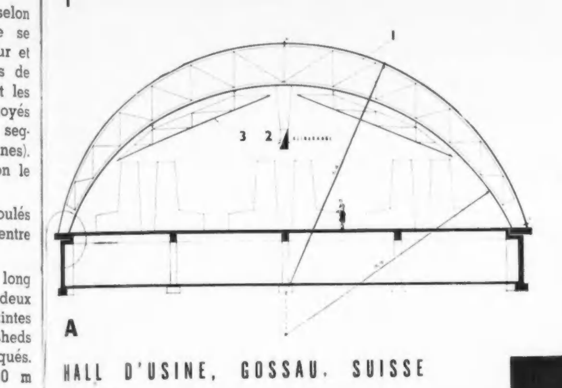


Photo Y. Scheldonecht

1



A

B

HALL D'USINE, GOSSAU, SUISSE

DANZEISEN ET VOSER, ARCHITECTES,

F. HOSSDORF, INGÉNIEUR

Ce hall de 1.400 m² de surface utile a été construit pour une fabrique de cordons élastiques à des fins de rationalisation du travail.

L'atelier est composé de sept voiles cylindriques identiques de 28,50 m d'ouverture dont la génératrice est inclinée sur l'horizontale.

Les voiles comportent des arcs de rive reliés au droit des vitrages et formant des fermes triangulées en forme de croissant. La poussée est annulée par des tirants dans le sol. Chaque ferme est calculée comme un arc à deux rotules (voir détail) permettant la libre dilatation.

Les voiles ont une épaisseur de 7 cm à la clé et 12 cm en naissant. Les sheds sont à double vitrage. Les voiles ont reçu extérieurement une isolation thermique en liège de 4 cm d'épaisseur collé sur l'asphalte, et protégé par des panneaux d'amiante-ciment ondulés cintrés.

Un shed a été réalisé en quatorze jours de travail. Le total des armatures représente 14 kg/m² de voile développé.



2

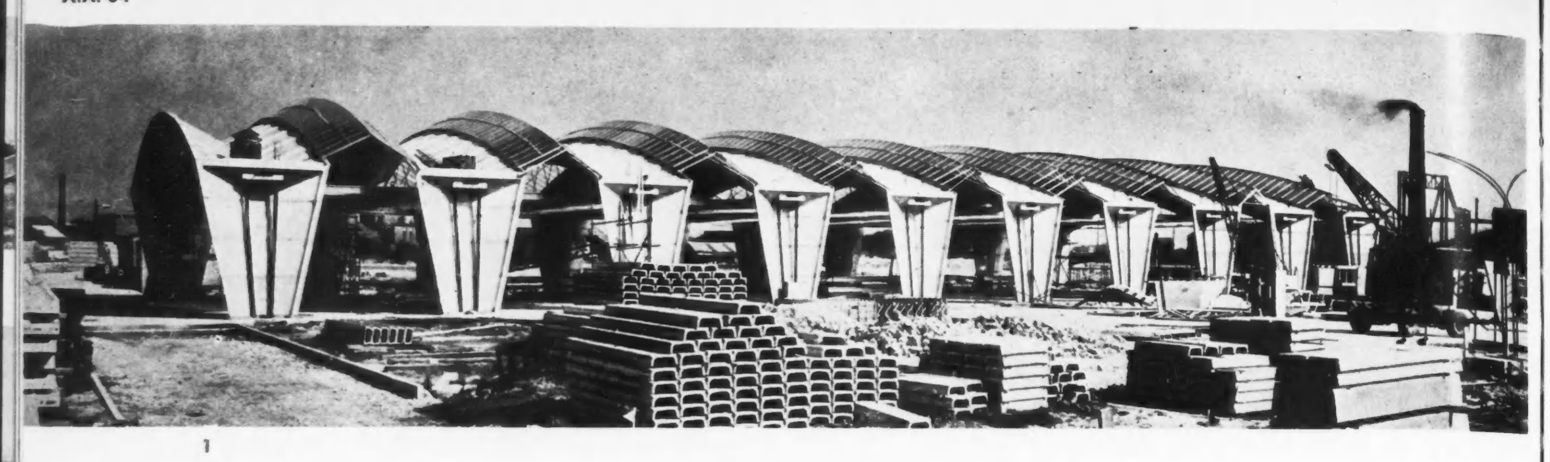
C

Photos B. Kotz

3



1. Façade Nord. 2. Intérieur du hall vu de nuit. 3. Vue intérieure montrant la répartition de l'éclairage naturel.
A. Coupe transversale : 1. Double vitrage. 2. Gaine chauffage-ventilation. 3. Passerelle roulante pour entretien. B. Coupe longitudinale. C. Détail d'une ferme.



1

USINE PRÈS DE MANCHESTER, GRANDE-BRETAGNE

TAYLOR ET YOUNG, ARCHITECTES D. MATTHEWS, INGENIEUR

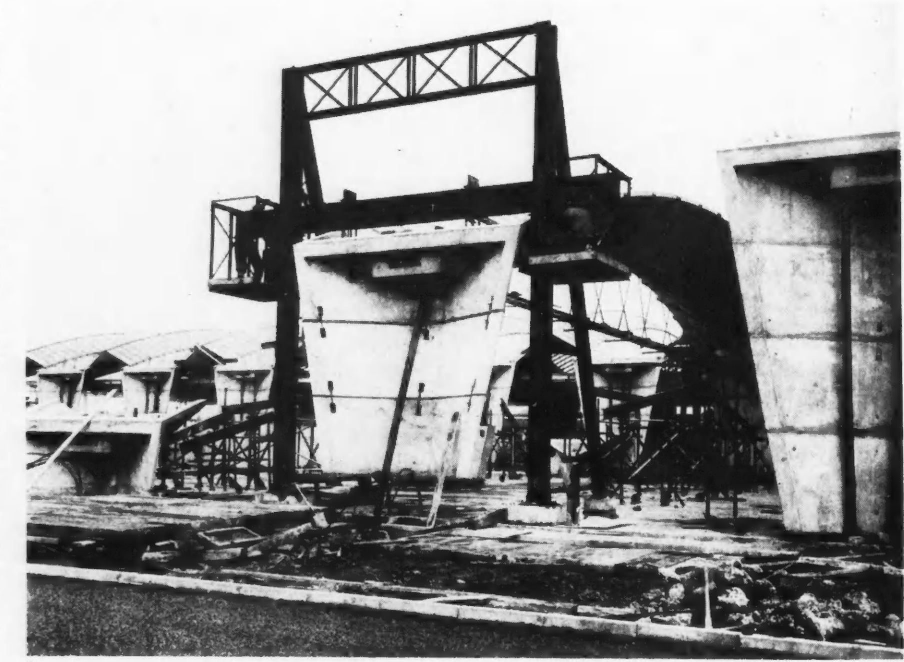
Cette usine d'éléments en béton préfabriqué est en cours d'édification sur un terrain de 4 hectares à Denton. Elle comprendra : un atelier de moulage de 84 × 27,50 m, pour poutres et pièces moyennes, un atelier de mécanique et de cintrage de 61 × 27,50 m, des bureaux, salles de dessin, atelier de menuiserie, chaufferie, garage, cantine. Sur le terrain libre : moulage des grosses pièces comme les éléments de ponts, séchage et stockage.

Dans l'atelier de moulage à manutention très mécanisée, quatorze fosses de 45 m à deux moules par fosse, seront équipées pour la précontrainte continue et pour les poutres ordinaires armées, une quinzaine de mètres seront réservés aux pièces non standard.

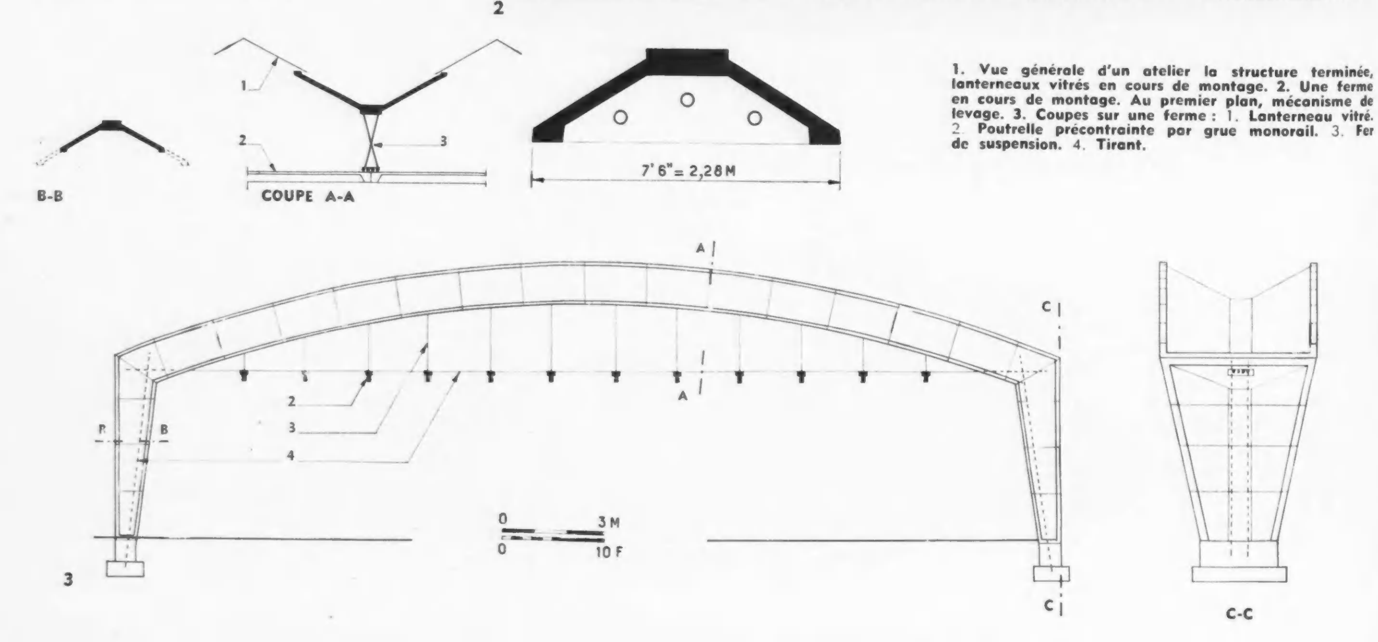
Sur toute la longueur au-dessus des fosses, quatorze grues monorail distribueront le béton et enlèveront les poutres durcies. Les fosses seront chauffées de façon continue, l'atelier n'aura pas besoin d'autre moyen de chauffage.

Les deux ateliers de moulage et de mécanique, parallèles à 3,80 m l'un de l'autre, seront identiques. Les fermes en arcs de 27,50 m de portée formées d'éléments prémoulés de section mince en V, larges d'environ 5 m et espacées de 3 m reposent par l'intermédiaire d'éléments terminaux sur des piliers de même profil. Les tirants supporteront aussi les chemins de roulement des palans. Des lanterneaux à double vitrage sont placés entre fermes se poursuivant en pan vitré.

Les surfaces courbes et les V des fermes assureront l'écoulement des eaux.



2



3

1. Vue générale d'un atelier la structure terminée, lanterneaux vitrés en cours de montage. 2. Une ferme en cours de montage. Au premier plan, mécanisme de levage. 3. Coupes sur une ferme : 1. Lanterneau vitré. 2. Poutrelle précontrainte par grue monorail. 3. Fer de suspension. 4. Tirant.

LA STRUCTURE

Chaque ferme est composée de vingt-deux éléments prémoulés : quatorze identiques de 1,80 m de long pour l'arc, trois pour chaque pilier et deux éléments de transition. On réduit de moitié leur poids pour la manutention en nervurant leur face externe, les rigoles ainsi formées sont remplies de béton après la mise en place. Quatre câbles de précontrainte lient les naissances des arcs, suspendus à quatorze tiges qui portent également les poutres prémoulées de 7,50 m, des chemins de roulement. Quatre câbles extérieurs permettent la précontrainte des piliers.

La charpente est calculée en deux stades :

1° Comme une ferme rigide supportant son propre poids seul, liée par deux des quatre tirants ;

2° Comme une arche qui doit supporter les charges de la neige, des vitrages, des quatorze chemins de roulement et une tonne de charge mobile pour chacun d'eux.

Ce mode de calcul est justifié par la méthode d'érection adoptée : arc précontraint au sol, élevé à sa position définitive et précontraint sur les piliers avec lesquels il forme un tout.

Les efforts des deux cas s'ajoutent dans l'arc, mais les piliers sont soumis aux moments donnés dans le deuxième cas, l'ensemble étant considéré comme un monolithe. Dans ce deuxième cas, les moments de flexion dus aux forces horizontales appliquées aux angles, sont distincts des moments dus aux poids. Il a été possible alors de déterminer une valeur de la précontrainte à appliquer aux joints, qui donne un moment égal et opposé à celui des poids morts et de la moitié des charges actives. Si ce dernier agit, l'arc tend à s'abaisser, s'il n'agit pas, l'arc tend à se relever. Il en résulte que l'effort maximum de compression dû à ces charges est faible et compris entre 0 et 24 kg par centimètre carré. Les tirants des piliers sont placés de manière à ne pas imposer de moments de flexion à la ferme.

La force de précontrainte ainsi déterminée est de 90 tonnes environ pour une ferme. L'ordre de tension des tirants doit tenir compte du mode d'érection.

ERECTION DES FERMES

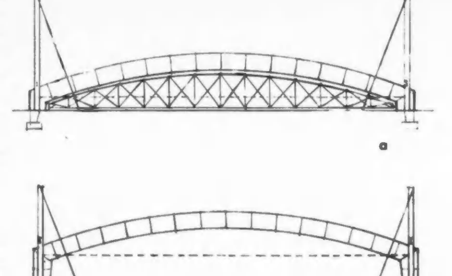
Les éléments sont coulés verticalement dans des moules en bois sur le lieu d'assemblage, en béton 1, 1 1/2, 3 à gravier de 20 mm. Ils sont placés sur une forme au niveau du sol, et joints. L'arc est élevé, les éléments des piliers y sont fixés et la ferme complète est descendue sur le lit de mortier des socles. Enfin, les tirants verticaux des piliers sont tendus.

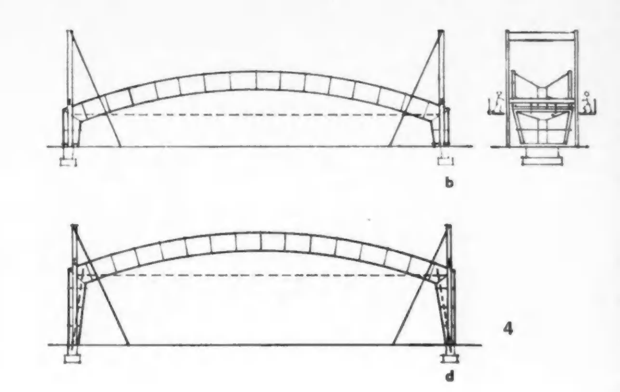
La forme d'assemblage est une charpente tubulaire montée sur roues. Les éléments moulés sont pris dans un cadre de manutention et placés horizontalement sur la forme par une grue mobile. Un palan à main entre crochet et cadre permet une mise en place précise des éléments qu'on aligne par des cales et garnitures de bois, à 2,5 cm l'un de l'autre. Les intervalles sont alors remplis par un mortier 3-1 de sable et ciment à haute teneur d'alumine, et deux des tirants sont tendus. Enfin les rigoles ménagées sur les éléments sont bétonnées et le troisième tirant mis en place.

A chacune de ses extrémités, l'arc est monté par un élévateur constitué par un madrier de 15 sur 45 cm, qui glisse entre deux colonnes semi-cylindriques à 20 cm l'une de l'autre. Deux vérins hydrauliques montent chaque madrier de 22 cm à la fois. Entre chaque montée, les madriers sont chevillés aux colonnes, les vérins et plaques porteuses placés dans leurs nouvelles positions. De plate-formes fixées aux madriers et qui s'élèvent avec eux, les hommes commandent les vérins et manœuvrent les chevilles.

Quand l'arc est à hauteur convenable, un élément de pilier est fixé au joint d'angle par des taquets ainsi qu'aux éléments suivants, puis les vides sont cimentés. La ferme est enfin redescendue sur les socles.

Le quatrième tirant horizontal est tendu quand les verrières et autres charges sont mises en place. Les tirants sont entourés d'une gaine de métal et coulés quand le travail est terminé.





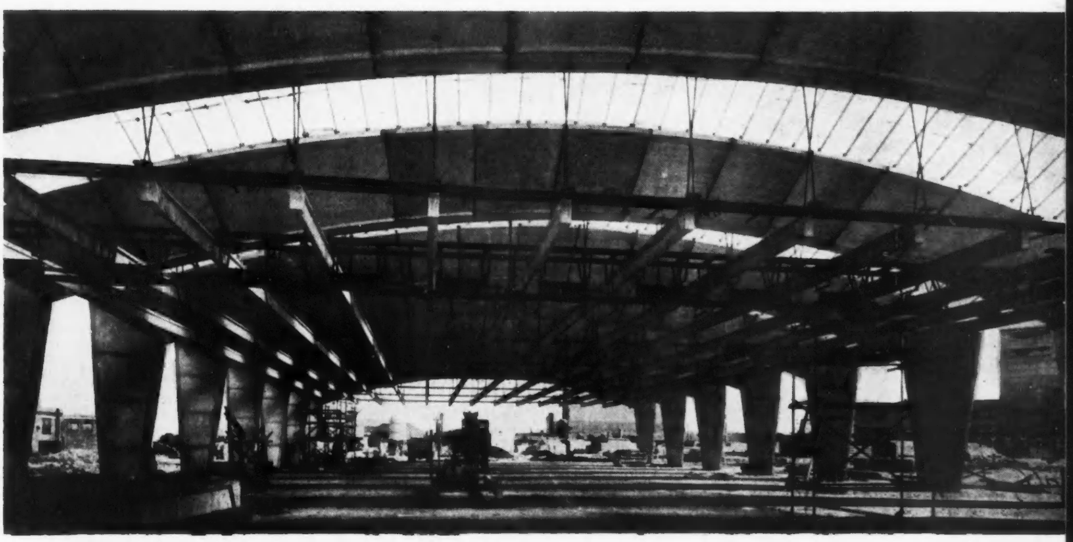
4

4. Processus de levage. 5. Vue d'une ferme achevée. 6. Vue intérieure d'un atelier (monorails suspendus).

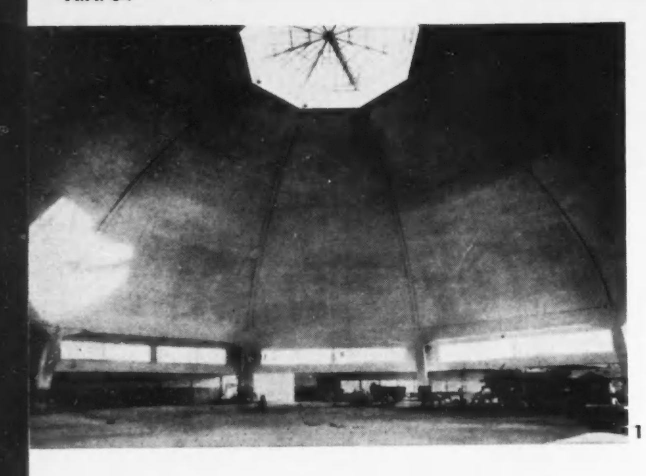


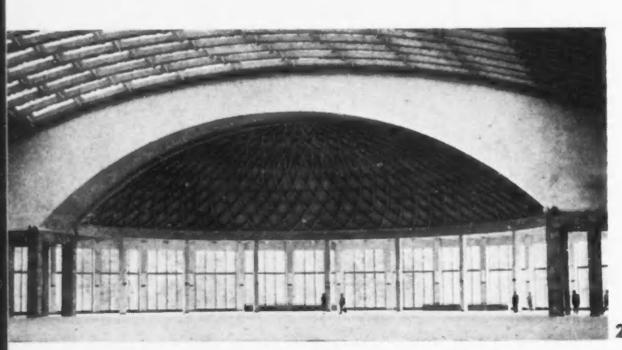
5

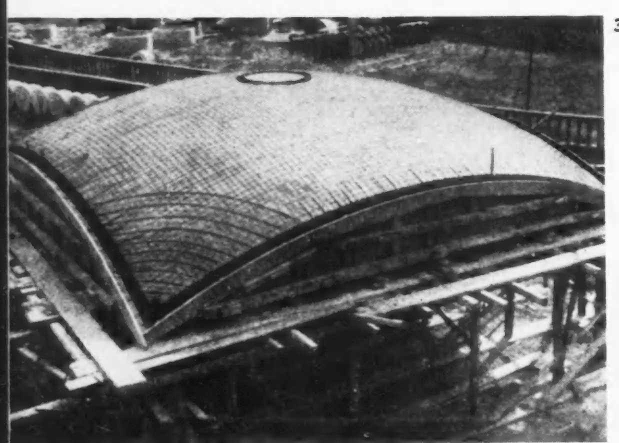
6

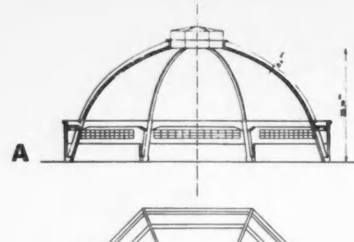


Photos Rex Lowden

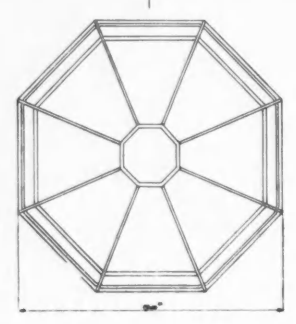

1

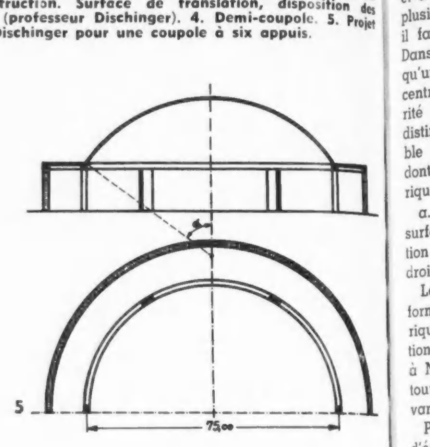

2

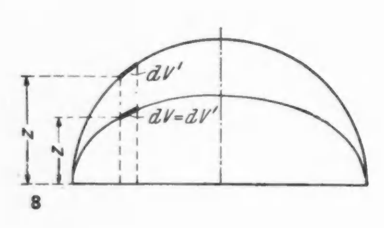

3

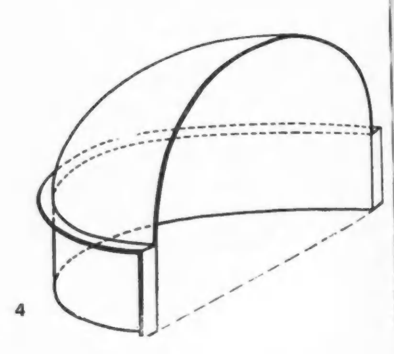


1. Marché couvert de Bâle. Exemple d'une coupole octogonale composée de voiles développables (cycloïdes). Diamètre : 60 m. Epaisseur du voile : 6 cm : A. Coupe. B. Plan. 2. Salle d'exposition à Turin, P. L. Nervi, ingénieur (v. A.A. n° 48). Demi-coupole (abside). L'épaisseur nécessaire du voile est remplacée pour moitié par un treillis triangulaire de même rigidité, composé de pièces préfabriquées. 3. Voile en construction. Surface de translation, disposition des fers (professeur Dischinger). 4. Demi-coupole. 5. Projet de Dischinger pour une coupole à six appuis.



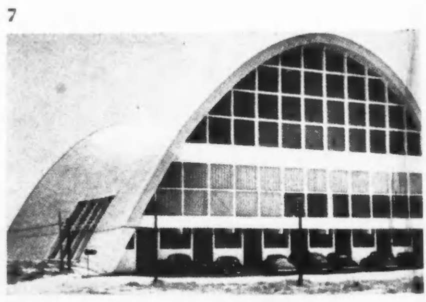






6. Manufacture de caoutchouc à Brynmawr (Grande-Bretagne), Cooperative Partnership, architectes, Ove Arup and Partner, ingénieurs (v. A.A. n° 39, p. 63). Calotte sphérique sur quatre points d'appui. 7. Piscine à Sao Paulo, Icaro de Castro Mello, architecte. Paraboloïde hyperbolique en selle. 8. Coupe longitudinale d'une coupole elliptique et de la coupole sphérique affinée. Les deux surfaces conjuguées, infiniment petites, doivent avoir les mêmes volumes. dV = dV'. Comme l'arc de dV' est plus long, dV doit recevoir une épaisseur plus forte (distribution statique des masses).

7



Doc. Latin American Architecture

6





Doc. Contemporary Structure in Architecture

II. VOILES NON DEVELOPPABLES.

A) SURFACES DE ROTATION.

Selon Dischinger, les plus grandes portées longitudinales qui soient encore économiques sont de l'ordre de 50 m pour les voûtes à une travée et d'environ 60 m pour des voûtes continues sur plusieurs travées. Pour de plus grandes portées, il faut recourir à des voiles à double courbure. Dans ces voiles les moments fléchissants ne jouent qu'un rôle tout à fait secondaire, les fatigues centrales sont notamment plus faibles et la sécurité au flambage beaucoup plus élevée. Nous distinguons deux grands groupes de voiles à double courbure : les surfaces de rotation et voiles dont la théorie dérive du calcul des coupoles sphériques et les surfaces gauches.

a. *Surfaces de révolution en général.* — La surface moyenne de ces voiles s'obtient par rotation d'une courbe plane (méridienne) autour d'une droite (axe) contenue dans le même plan.

Les surfaces de rotation peuvent avoir des formes très diverses : outre les coupoles sphériques, on trouve aussi les paraboloïdes de rotation (comme celles de l'église Sainte-Jeanne-d'Arc à Nice), les hyperboloïdes de rotation comme les tours de réfrigération, les Horton-sphéroïdes servant de réservoirs, etc.

Pour toute surface de révolution, les conditions d'équilibre s'expriment de la manière suivante :

1. Equilibre contre le déplacement en direction de la tangente aux anneaux parallèles ;
2. Equilibre contre le déplacement en direction de la tangente au méridien ;
3. Equilibre contre le déplacement en direction de la normale à la surface.

Prenons comme exemple simple la *coupole sphérique* pour examiner le mécanisme de distribution des contraintes dans les surfaces de rotation. Si le méridien de la coupole se termine avec une tangente verticale, la coupole symétriquement chargée ne transmet aux murs d'appui que des forces verticales. Si la coupole repose sur des appuis permettant une dilatation annulaire radiale, l'anneau inférieur de la coupole peut se déformer librement et l'état de membrane du voile reste intact.

Cependant, si la coupole se termine avec angle obtus à la base, les forces dans la rive sont également obliques par rapport à la base de la coupole et le mur d'appui est sollicité par la poussée vers l'extérieur, poussée égale à la composante horizontale. Pour parer à cet inconvénient, on prévoit à la base une ceinture qui absorbe les forces en travaillant à la traction de telle sorte que les appuis ne reçoivent que les composantes verticales. Les déformations théoriques de la ceinture sollicitée à la traction et celles de la base de la coupole en état de membrane ne sont généralement pas égales. La ceinture empêche donc la déformation de la coupole et trouble considérablement l'état de membrane.

b. *Coupole ouverte :* Une partie de la calotte supérieure est supprimée pour supporter un lanterneau exerçant des charges verticales par son poids propre. Mais les rives supérieures de la coupole ne peuvent absorber que des efforts tangentiels en état de membrane. C'est pourquoi on est obligé de prévoir encore une ceinture sur la rive supérieure. La composante dans la direction de la tangente des charges verticales est transmise au voile, la composante horizontale est reprise par la ceinture. Cette ceinture supérieure travaille donc à la compression.

Dispositions constructives pour obtenir des conditions de rives impeccables : on observe des troubles de l'état de membrane aussi bien au sommet de la coupole qu'à sa base ; ce sont des oscillations de flexion, notamment en direction du méridien. Elles peuvent être éliminées de trois façons différentes :

1° Le méridien du voile est formé selon une courbe de transition dans la zone voisine de la ceinture, de telle façon que sa courbure et l'épaisseur du voile se rapprochent de la ceinture sans discontinuité. On obtient de cette façon des déformations identiques dans les deux éléments. Ainsi, la poussée est réduite et les efforts dans la ceinture diminués.

2° Au lieu de la solution de Dischinger avec une courbe de transition qui mène à une épaisseur variable du voile, la surélévation de la courbe méridienne a été proposée par M. Pucher. Dans la zone voisine de la ceinture, le voile est fortement courbé, de sorte que la calotte se termine avec une tangente verticale à sa base.

3° Il est possible d'annuler les troubles de l'état de membrane sans changer la forme du voile si l'on emploie des câbles de pré-tension dans la ceinture. La mesure de la pré-tension est à choisir de telle sorte que la ceinture reçoive les mêmes déformations que les rives du voile. Cette solution a l'avantage de diminuer les efforts de traction dans la ceinture ; en conséquence, il ne se produit pas de fissures dans le béton, de sorte que la ceinture peut se construire plus légèrement.

c. Coupole sphérique avec un *nombre minimum de points d'appui :* Il est devenu possible de réaliser de grandes distances entre les colonnes d'appui d'une coupole en faisant travailler spécialement ensemble la ceinture et le voile. Il est nécessaire à cet effet de renforcer considérablement le voile aux retombées. Ainsi renforcé, le voile possède une résistance si grande que la coupole peut se porter elle-même, même si l'écartement entre les colonnes est très grand. Plus la distance entre colonnes est grande, plus la hauteur portante de la coupole est considérable, de sorte que les fatigues centrales dans la coupole, dues à son action portante, sont indépendantes de l'écartement des colonnes. En effet, la ceinture ne porte plus la coupole, elle est plutôt suspendue.

Exemple : Projet de Dischinger d'une coupole à six appuis seulement. Portée 75 m, écartement entre colonnes 40 m, épaisseur du voile 8 cm (v. p. 38, fig. 5).

d. *Absides* (demi-coupoles) (v. p. 38, fig. 4) : Dischinger a montré qu'on peut aussi construire des absides, demi-coupoles comme formes constructives indépendantes. Bien que le long de la coupure les tractions annulaires, dont la présence est nécessaire dans une coupole normale, soient supprimées, il est néanmoins possible de réaliser un état tensoriel purement central. Leur stabilité a été éprouvée également pour les forces dues au vent provenant d'une direction quelconque. A cause du danger de flambage, il est néanmoins recommandé de replier les rives du voile. Les absides sont intéressantes parce qu'elles se prêtent à de nombreuses combinaisons : on peut, par exemple, juxtaposer une voûte cylindrique et deux absides, ou quatre absides découpées diagonalement.

e. *Coupoles sphériques sur plan triangulaire, carré, polygonal :* Pour un grand nombre d'ouvrages, les coupoles sphériques ne sont pas utilisables à cause de la forme courbe de leur base. C'est pourquoi l'effort des constructeurs s'est porté vers la réalisation de coupoles sur plan rectangulaire. On découpe une partie de la surface d'une coupole sphérique suivant le plan désiré par des plans verticaux dans lesquels on dispose des fermes-tympans, et on obtient ainsi un ensemble spatial de grande rigidité. Les coupoles sphériques peuvent être construites sur plan triangulaire, carré ou polygonal, suivant une idée de Dischinger. Le voile sphérique doit être limité naturellement par des fermes-tympans. Ces dernières agissent solidairement avec le voile formant ensemble un système spatial qui reporte ces charges aux angles, tout en n'étant soumis qu'à de très faibles fatigues centrales.

f. *Surfaces de translation :* La théorie de ces voiles a été développée par Dischinger à partir de la théorie des coupoles sphériques sur plan carré. Les surfaces de translation permettent de couvrir des superficies rectangulaires avec un coffrage simple. Ces surfaces s'obtiennent par translation d'une génératrice courbe plane parallèlement à un plan vertical, au long d'une directrice courbe plane. Le plan de ces voiles peut fortement se différencier d'un carré, et on peut varier les courbures de leur surface moyenne de façon à répartir avantageusement les forces intérieures. (Usine de caoutchouc à Brynmawr, voiles sur rectangles de 26 sur 19, flèche 2,5 m, épaisseur 7,7 cm. Voir p. 38.)

g. *Coupole particulière de Pucher :* Il s'agit d'une surface continue à double courbure sur plan rectangulaire, et avec bords horizontaux rectilignes, sur appuis aux quatre coins. On obtient dans les angles quatre points singuliers, c'est-à-dire que dans ces points les tangentes à la surface ne se trouvent pas dans un plan tangent mais forment un cône tangentiel.

Le *voile bombé d'Isler* peut être considéré comme une dérivation de la coupole précédente. La forme rigoureusement mathématique a été abandonnée pour une forme permettant un coffrage plus simple. Il en résulte que les contraintes de ce voile sont incalculables et doivent être recherchées par des mensurations exactes sur maquettes à échelle réduite.

h. *Coupole sur plan elliptique ou ovale :* Les recherches poursuivies par Dischinger ont mené à la solution du problème des coupoles elliptiques. Il développa la théorie de l'équilibrage statique des masses pour tous les systèmes spatiaux et prouva que les efforts qui se produisent sous les charges du poids propre et de la neige dans une coupole sur plan elliptique peuvent être considérés comme les distorsions des efforts d'une surface de rotation affinée, mais seulement à condition que les charges des deux surfaces conjuguées soient proportionnelles à leurs projections horizontales. Il s'ensuit que si l'on suppose le voile affiné d'épaisseur constante, l'épaisseur du voile elliptique distordu sera variable, étant donné que les surfaces des deux voiles ne sont pas proportionnelles à leurs projections à la base. Pour pouvoir représenter les efforts dans la coupole elliptique comme distorsions des forces annulaires de la coupole affinée, on doit prévoir une légère redistribution des charges dues au poids propre par unité de surface : c'est ce qu'on appelle « *l'équilibrage statique des masses* ». Les recherches de Dischinger nous ont fourni la preuve inattendue que, grâce à l'équilibrage des masses, la ceinture elliptique n'est sollicitée que par des efforts de traction axiale, tandis que dans une coupole elliptique à épaisseur constante, par suite de l'absence d'équilibrage, l'état tensoriel est encore superposé à des efforts de flexion, et la ceinture tend à converger vers une forme circulaire par déformations successives.

On peut également calculer certaines coupoles à plan asymétrique comme les ovoïdes, particulièrement aptes à servir de couvertures pour des salles de concert. Grâce à la variation de courbures de leur surface moyenne, l'acoustique de ces coupoles est largement supérieure à celle des coupoles sphériques ou elliptiques.

Un projet de coupole elliptique en béton armé a été étudié par Dischinger. Le grand axe de l'ellipse était de 228 m, le petit axe de 162 m. La coupole se composait de deux voiles de 8 cm d'épaisseur avec un écartement d'un mètre entre eux, et raidis par des nervures triangulées entre les deux voiles. Le facteur de sécurité au flambage était de 12.

B) SURFACES GAUCHES.

Définitions : Si une génératrice droite se déplace parallèlement à un plan vertical suivant une directrice curviligne et une directrice rectiligne, la surface obtenue sera un *conoïde*. Si une génératrice droite se déplace parallèlement à un plan vertical suivant deux génératrices droites non parallèles, la surface obtenue sera un *hyperboloïde*.

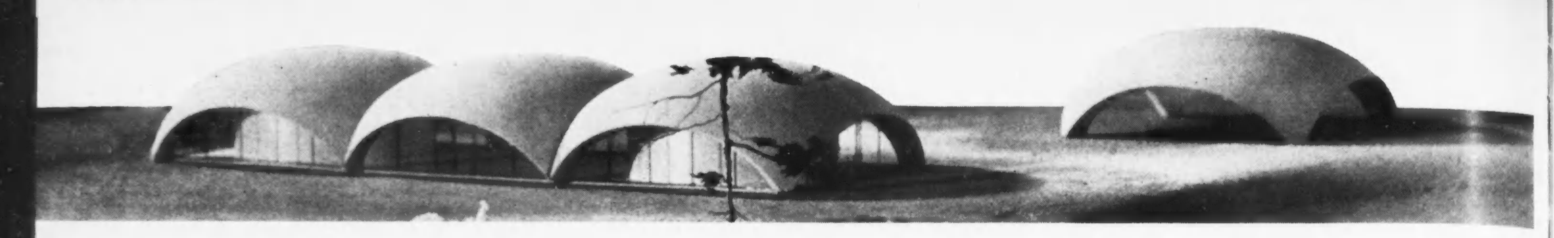
Conoïdes : Les voûtes conoïdes reposant sur *des rives portantes parallèles* peuvent être appliquées en série, constituant ainsi une couverture en Shed. Les secteurs entre la directrice curviligne d'un voile et la rive inférieure du voile précédent sont continus dans un plan oblique ou vertical, permettant ainsi un éclairage abondant de l'intérieur. On peut distinguer des voûtes conoïdes complètes et incomplètes.

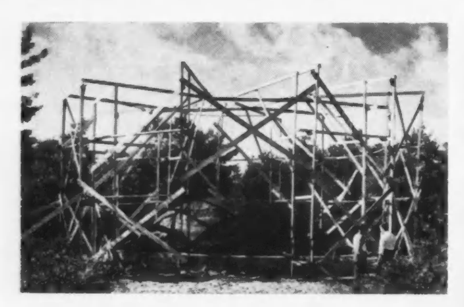
Voûtes complètes : Le voile est mené jusqu'à la directrice rectiligne, la surface vitrée est plus grande et l'aspect intérieur plus satisfaisant puisque les tirants disparaissent dans la directrice rectiligne. Mais le pouvoir porteur, ainsi que la rigidité, diminuent avec l'aplatissement du voile dans la zone voisine de la droite, ce qui limite l'application de cette forme à des portées moyennes.

Voûtes incomplètes : On découpe la surface du conoïde parallèlement au plan de la directrice curviligne. Ce dispositif permet une meilleure distribution des forces dans le voile. La surface vitrée a la forme d'un croissant et les tirants, qui ne peuvent plus être cachés dans le bord inférieur des voiles, gênent l'aspect intérieur.

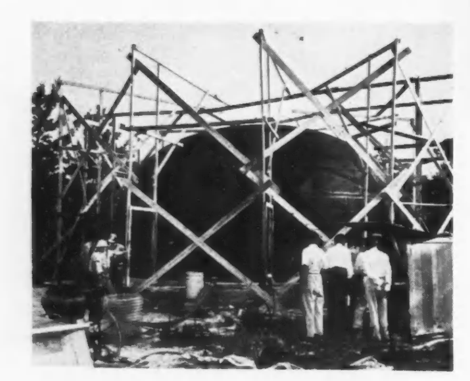
Il semble que ces voûtes conoïdes ont des propriétés statiques moins favorables que les voûtes ou sheds cylindriques. Les portées réa-

(Voir suite page 41.)









HABITATIONS A HOBE SOUND, FLORIDE

ELIOT NOYES, ARCHITECTE

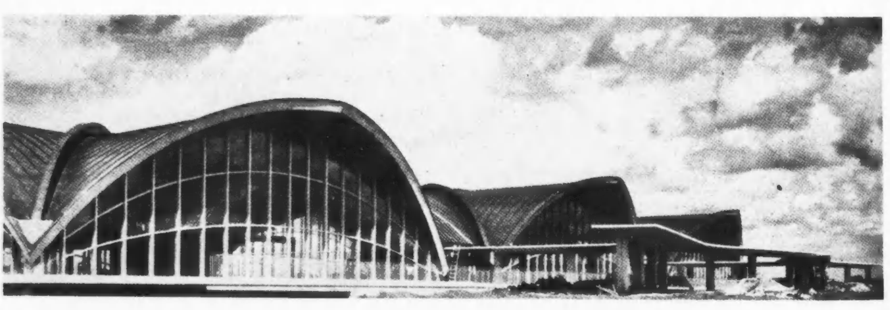
Habitations réalisées selon le procédé inventé par l'architecte Wallace Neff il y a environ treize ans et formées par des surfaces de rotation gunitées sur ballons remplaçant les coffrages. Des mailles de fil de fer servent d'armature.



AERODROME A SAINT-LOUIS U.S.A.

HELLMUTH, YAMASAKI ET LEINWEBER, INGÉNIEURS

Cette réalisation dont nous avions présenté le projet dans notre n° 55, utilise des voûtes cylindriques croisées. L'épaisseur assez importante des fermes-diagonales ainsi que celle du voile est caractéristique de l'application de ces voûtes aux Etats-Unis. Couverture en cuivre.







EGLISE FATIMA, MEDELLIN, COLOMBIE

ANTONIO MESA, ARCHITECTE, G. GONZALEZ, INGÉNIEUR

Voûtes minces en cantilever. Portée 12 m. Flèche 12 m.

(Suite de la page 39.)
lisees restent nettement inférieures à celles qu'on franchissait par les sheds ou voûtes Dywidag.

Une idée remarquable de Laffaille est de juxtaposer deux voûtes conoïdes incomplètes par une génératrice commune, formant une grande poutre en V courbé. En associant de tels voiles on peut couvrir économiquement de grandes surfaces (v. p. 36-37).

Conoïdes en porte-à-faux : L'application la plus particulière des conoïdes est celle en porte-à-faux. En général, les voiles s'appuient avec leurs directrices curvilignes sur un plan vertical, faisant porte-à-faux en direction des génératrices. Le sommet du voile est sollicité à la traction tandis que les rives latérales sont comprimées. Des conoïdes doubles en porte-à-faux ont été utilisés par B. Laffaille comme couvertures d'ateliers en connexion avec des bandeaux d'éclairage.

Le premier projet du bâtiment de l'Unesco à Paris comprenait un grand avant-toit conoïde en béton armé, où la directrice curviligne, raidie par un arc-tympan à deux articulations, formait l'entrée principale.

Paraboloïdes hyperboliques en général : Propriétés : Le paraboloïde hyperbolique est un voile d'égale résistance pour tout système de charges uniformément réparties et parallèles à la direction de son axe. En tout point des rives d'un paraboloïde hyperbolique on peut toujours trouver deux directions suivant lesquelles il est possible d'équilibrer dans le voile, par des tensions simples et des compressions simples, les réactions de rive.

Dans tout paraboloïde hyperbolique d'égale résistance le long d'une rive rectiligne quelconque, les réactions normales à ces rives sont nulles, autrement dit, sur toute rive rectiligne la poussée au vide est nulle (1). Dans un paraboloïde quelconque on peut toujours considérer quatre génératrices qui se coupent deux par deux. Un tel paraboloïde est limité par un quadrilatère gauche. Une propriété particulière réside dans le fait que les rives étant des génératrices il ne s'exerce, le long de ces rives, que des efforts tangentiels purs. La direction de ces contraintes dépend de la disposition des appuis : si les angles inférieurs sont portants, les rives travaillent à la compression ; elles travaillent à la traction si les angles supérieurs sont soutenus. Dans les voiles de faible courbure et sur plan carré on constate l'état de membrane ; il s'ensuit que les forces centrales peuvent être calculées directement à partir des charges locales.

Bien entendu, les déformations inégales dans le voile et ces rives causent également des moments de flexion. Cependant ils n'ont qu'une importance secondaire. De même, le poids propre des rives produit des oscillations amorties dues à la flexion. Le calcul des forces intérieures dues au vent est plus compliqué mais possible.

Nous devons la découverte des paraboloïdes hyperboliques pour la construction en premier lieu aux recherches de M. Aimond, qui dans son *Etude statique des paraboloïdes hyperboliques* (mémoire IVBH, Zurich, 1936), a également examiné la question des principales combinaisons.

La forme de voile la plus simple est évidemment un voile limité par un quadrilatère gauche sur plan carré, ce qui nécessite deux appuis d'angle reliés par un tirant (A). Par la juxtaposition de deux voiles de cette espèce selon un côté commun on peut couvrir la surface d'un double carré (trois appuis, deux tirants). *De même façon on peut juxtaposer quatre* (B) *ou plusieurs voiles identiques.*

On peut également juxtaposer quatre éléments semblables à axes parallèles (C) de telle sorte que les directrices communes qui se trouvent dans le même plan se croisent au même point. Ce voile doit reposer sur les quatre angles reliés entre eux par des tirants. Cette forme est statiquement avantageuse car les réactions s'exerçant sur les côtés communs des quatre voiles s'équilibrent au point d'intersection.

Une autre possibilité est de combiner quatre quadrilatères gauches avec points d'appuis au centre (D), le pourtour des quatre voiles se trouvant dans le même plan. Les réactions suivant les côtés communs se réduisent à une force unique passant par l'appui central, et les réactions des rives s'équilibrent mutuellement.

On peut également construire des voiles limités à leur pourtour par des quadrilatères à quatre paraboles principales. Un tel voile se projette horizontalement suivant un rectangle dont les diagonales sont parallèles aux projections des génératrices. Ces voiles doivent être limités sur leurs pourtours par des tympans qui suivent les arcs de paraboles principales.

Applications : Bâtiment de l'Institut des Rayons Cosmiques de l'Université du Mexique. L'épaisseur de ces voiles n'est que de 1,5 cm au sommet (!), prouvant ainsi la rigidité étonnante de ce type (v. p. 22).

Pour réaliser des voiles limités à des quadrilatères plans on peut associer des voiles limités à des triangles curvilignes, dont deux côtés sont formés par des génératrices, le troisième étant une parabole.

Ces voiles avec contours extérieurs dans un même plan, ont été classés par Aimond selon leur résistance aux charges uniformément réparties en projection horizontale, en *voiles complets et voiles incomplets.*

Les voiles incomplets sont ceux pour lesquels les poussées s'exerçant suivant les paraboles ne sont pas compensées à l'intérieur du voile, et doivent être équilibrées par des tympans ou tirants.

Les voiles complets sont entièrement équilibrés, n'exercent aucune poussée sur leurs rives et n'ont pas besoin d'élements extérieurs spéciaux.

Prenons l'exemple d'un voile octopartite avec points d'appui aux angles (G). Il se compose de huit éléments identiques de triangles curvilignes. Les diagonales sont formées de deux arcs de paraboles. Le sommet du voile est surélevé par rapport au centre du carré. Les droites joignant le sommet aux milieux des côtés du carré sont appelés les noues du voile. La ceinture forme un carré dans le plan horizontal. Les ceintures doivent supporter des efforts axiaux principaux et des efforts secondaires de flexion. Les arcs des paraboles doivent supporter les efforts situés dans le plan vertical de la parabole. Les noues supportent des efforts axiaux. Sous des charges verticales uniformément réparties en projection horizontale, l'ensemble travaille sans flexion et se trouve en état de membrane. Les efforts de flexion qui se produisent dans d'autres cas de chargement sont d'une importance secondaire. Une application intéressante de ces voiles étaient les ateliers de la marine à Toulon, construits avant la guerre.

Les voiles à « tympans en croix » (H) sont des voiles composés de huit triangles curvilignes supportés par deux tympans se croisant à angle droit avec un appui au centre. On peut réaliser de tels voiles avec un pourtour extérieur en rectangle, et d'autres dont le pourtour extérieur est un octogone gauche projeté suivant un rectangle. Un type de voile à tympan en croix, constitué par 16 triangles curvilignes et dont le pourtour extérieur est un rectangle, a été appliqué à l'aérogare Lanvéoc-Poulmic. Un ensemble de huit voiles de 36 × 36 m de côté chacun, était relié entre eux par des surfaces vitrées à deux pans de 10 m de large. Surface totale couverte 14.268 m². Nombre de poteaux : 8, écartement entre poteau : 46 m.

Une variation de ces voiles est la coupole octopartite avec pourtour en carré.

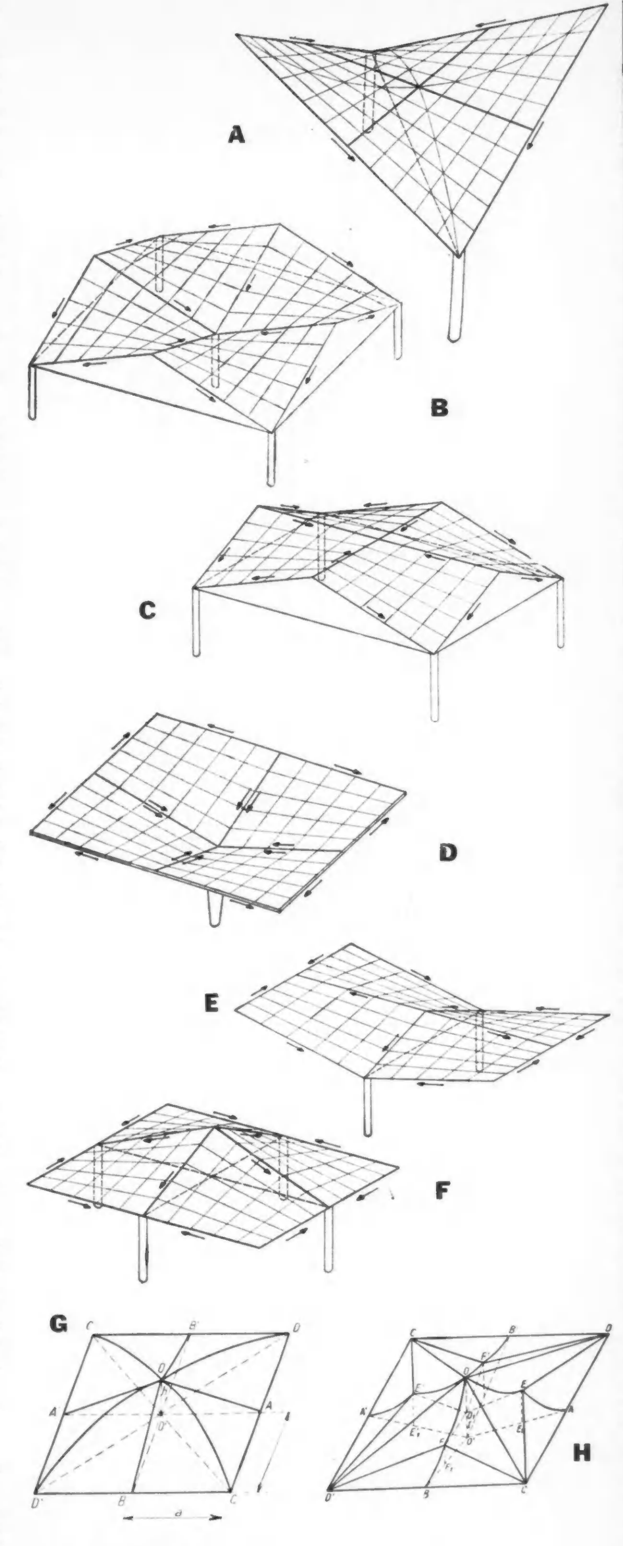
Surfaces quelconques.

Pour terminer, j'aimerais encore indiquer le fait qu'en principe chaque surface mince courbe possède un certain pouvoir porteur. Par translation d'une génératrice droite suivant deux directrices continues quelconques, on peut obtenir des surfaces gauches dont la forme se laisse déterminer selon les exigences du cas architectural particulier. Il est important de faire attention que le voile ne devienne pas trop plat, autrement dit qu'il présente en chaque section une courbure suffisante. Si le voile est à double courbure on peut supposer une bonne rigidité. Si la courbure est variable on obtient une bonne acoustique.

Bien entendu dans la plupart des cas il est impossible de calculer exactement les contraintes de ces voiles, et on doit se contenter d'approximations et des mensurations sur maquettes à échelles réduites.

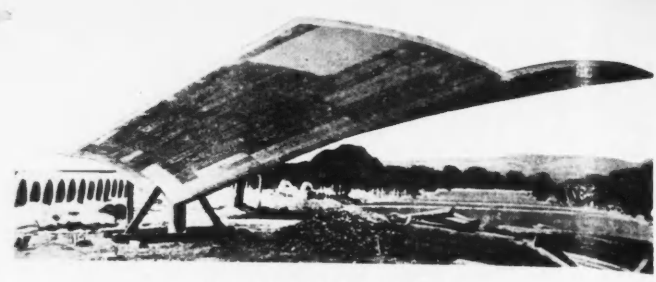
E. Y. GALANTAY.

(1) Pilarski : « Calcul des voiles minces ». Dunod, 1935, Paris.



A. Voile simple en paraboloïde hyperbolique limité par un quadrilatère gauche sur plan carré. B. Juxtaposition de quatre éléments A. C. Juxtaposition de quatre éléments à axes parallèles. Quatre appuis d'angles reliés par des tirants. D. Voile du type fungiforme, composé de quatre paraboloïdes hyperboliques limités par des quadrilatères gauches avec point d'appui au centre. E. Juxtaposition de quatre paraboloïdes hyperboliques limités par des quadrilatères gauches formant double porte-à-faux. F. Juxtaposition de quatre éléments avec pourtour extérieur en rectangle et points d'appui au milieu des côtés. G. Voile octopartite composé de triangles curvilignes en paraboloïdes hyperboliques, avec points d'appui au milieu des côtés du rectangle. H. Voile du type tympan en croix, composé de seize triangles curvilignes avec appui central.

(Voir suite des illustrations page 42.)



ABRI POUR AVIONS

P.-L. NERVI, INGÉNIEUR

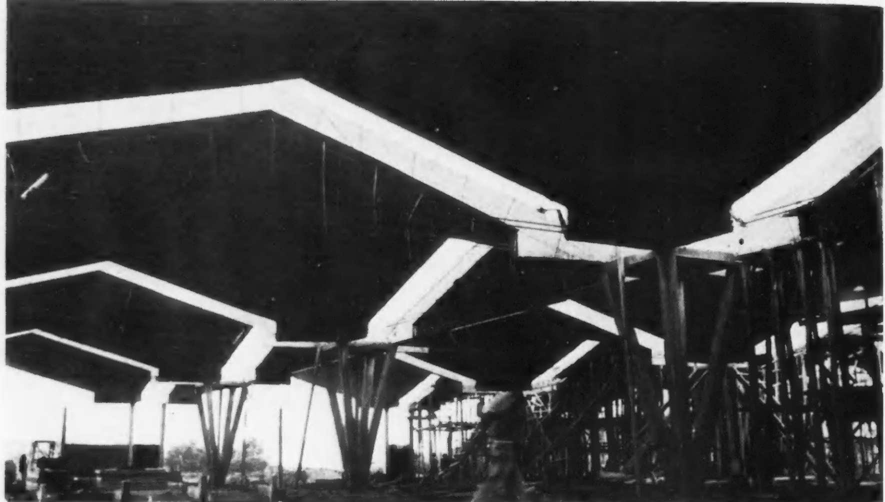
Hyperboloïde de révolution en porte-à-faux

LABORATOIRES CIBA, MEXICO

F. CANDELA, INGÉNIEUR

Couverture assymétrique de 15 × 1,50 m. Le bras long de 11 m en voile est formé de deux tympans de paraboloïde hyperbolique de 4 cm d'épaisseur de béton léger (perlite). Le bras le plus court est en béton de 20 cm d'épaisseur pour équilibrer la structure.



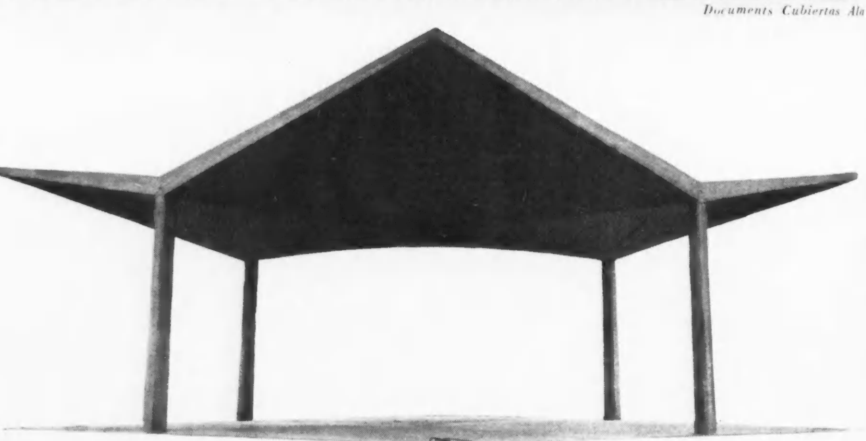


Documents Cubiertas Ala

USINE HERDEZ, MEXICO

F. CANDELA, INGÉNIEUR

Coupoles carrées de 16 × 16 m formées de quatre voiles en paroboloïdes hyperboliques de 4 cm d'épaisseur, avec tirants périmétriques d'acier très résistant. Il est intéressant de comparer cette couverture avec celle de l'usine de Brynmawr. La disposition y est la même mais les voiles sont des surfaces de translation.



LABORATOIRES LEDERLE A MEXICO

F. CANDELA, INGÉNIEUR

Association de quatre paraboloïdes hyperboliques limitées à des quadrilatères gauches.



USINE A PUENTE DE VIGAS, MEXIQUE

F. CANDELA, INGÉNIEUR

Couverture fungiforme sur plan rhomboïdal de 14 m de côté. Epaisseur 4 cm. Associatoin de quatre paraboloïdes hyperboliques.

MAGASIN AU MEXIQUE

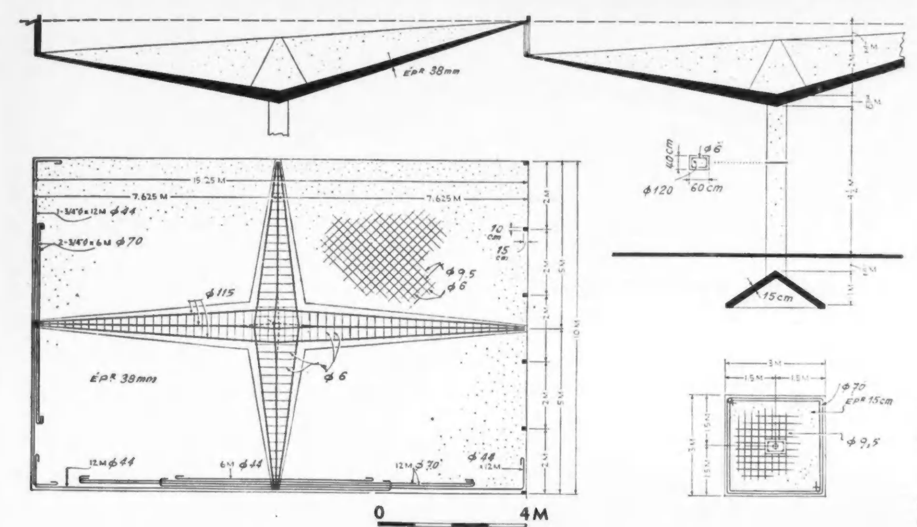
F. CANDELA, INGÉNIEUR

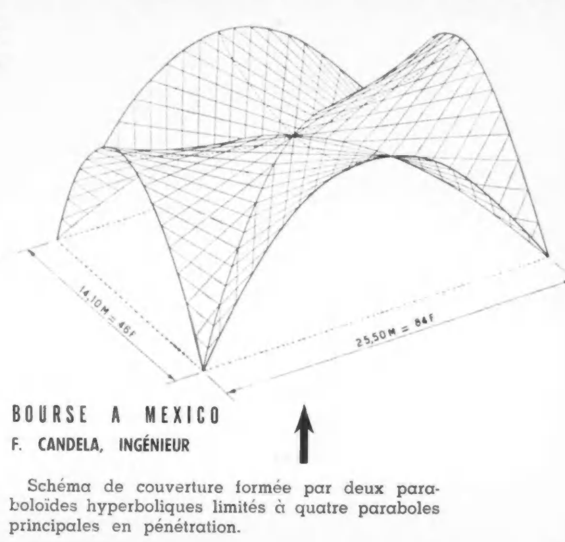
Couverture fungiforme en dents de scie. Association de quatre paraboloïdes hyperboliques. Epaisseur du voile : 4 cm.

Ci-dessous Plan et coupe d'un élément









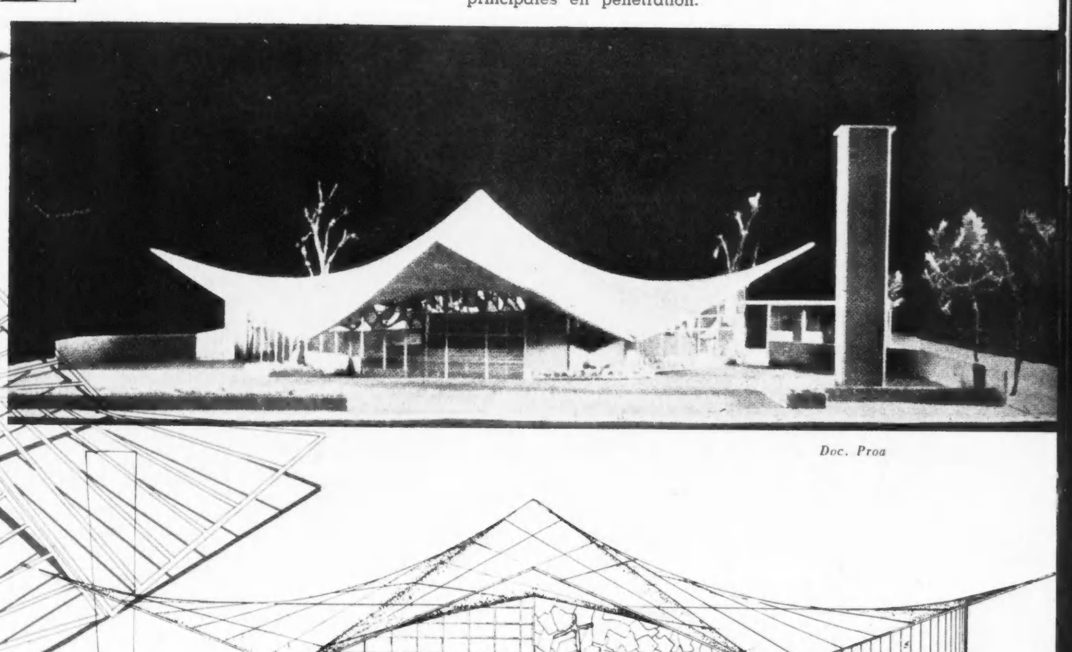
BOURSE A MEXICO

F. CANDELA, INGÉNIEUR

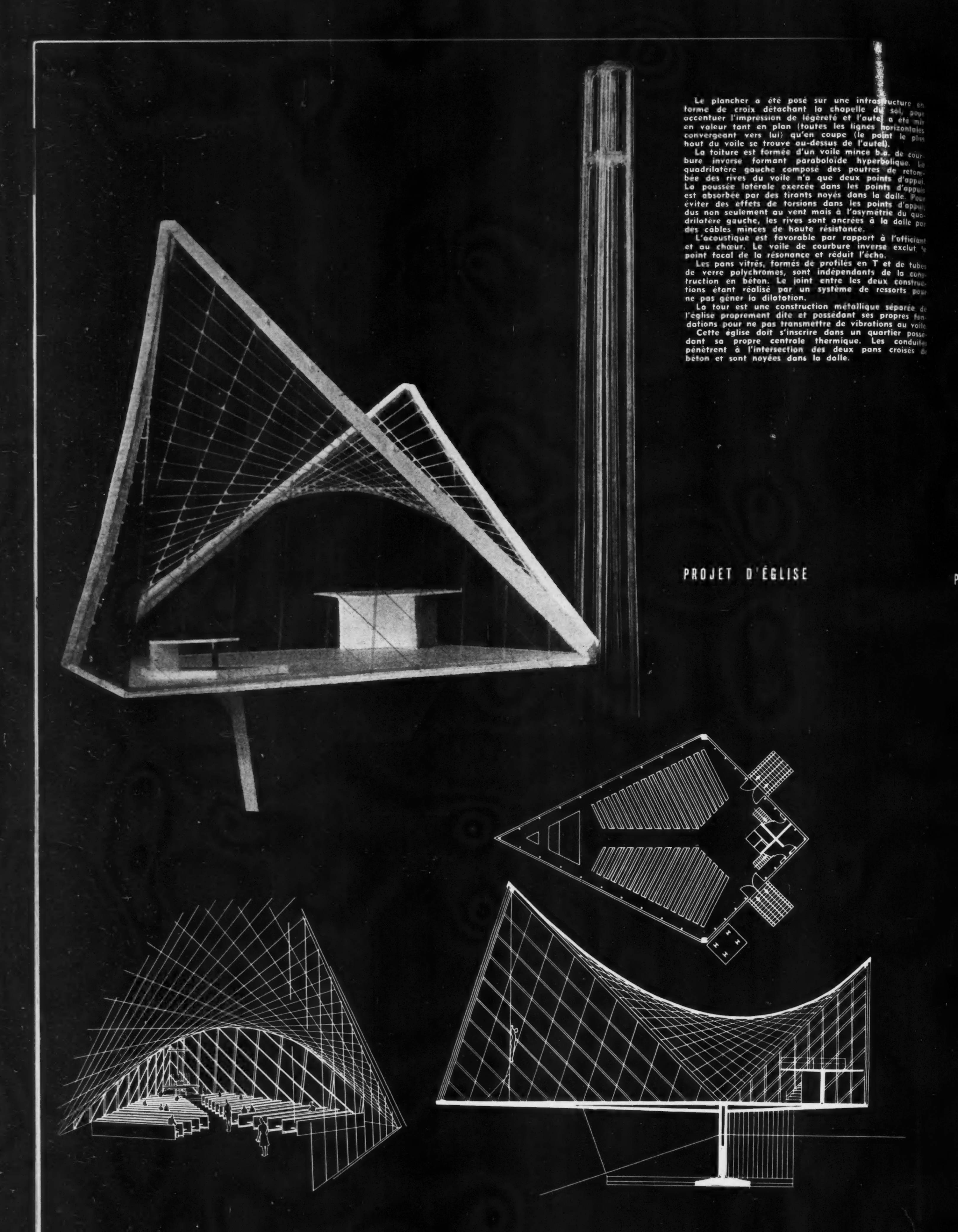
Schéma de couverture formée par deux paraboloïdes hyperboliques limités à quatre paraboles principales en pénétration.

EGLISE A BOGOTA **F. ROLNIK, ARCHITECTE**

Eglise pouvant recevoir 1.200 personnes. Couverture par association de voiles limités à des quadrilatères gauches rectilignes.



Doc. Proa



Le plancher a été posé sur une infrastructure en forme de croix détachant la chapelle du sol, pour accentuer l'impression de légèreté et l'autel a été mis en valeur tant en plan (toutes les lignes horizontales convergeant vers lui) qu'en coupe (le point le plus haut du voile se trouve au-dessus de l'autel).

La toiture est formée d'un voile mince b.a. de courbure inverse formant paraboloïde hyperbolique. Le quadrilatère gauche composé des poutres de retombée des rives du voile n'a que deux points d'appui. La poussée latérale exercée dans les points d'appuis est absorbée par des tirants noyés dans la dalle. Pour éviter des effets de torsions dans les points d'appui, dus non seulement au vent mais à l'asymétrie du quadrilatère gauche, les rives sont ancrées à la dalle par des câbles minces de haute résistance.

L'acoustique est favorable par rapport à l'officiant et au chœur. Le voile de courbure inverse exclut le point focal de la résonance et réduit l'écho.

Les pans vitrés, formés de profilés en T et de tubes de verre polychromes, sont indépendants de la construction en béton. Le joint entre les deux constructions étant réalisé par un système de ressorts pour ne pas gêner la dilatation.

La tour est une construction métallique séparée de l'église proprement dite et possédant ses propres fondations pour ne pas transmettre de vibrations au voile.

Cette église doit s'inscrire dans un quartier possédant sa propre centrale thermique. Les conduites pénètrent à l'intersection des deux pans croisés de béton et sont noyées dans la dalle.

PROJET D'ÉGLISE

B

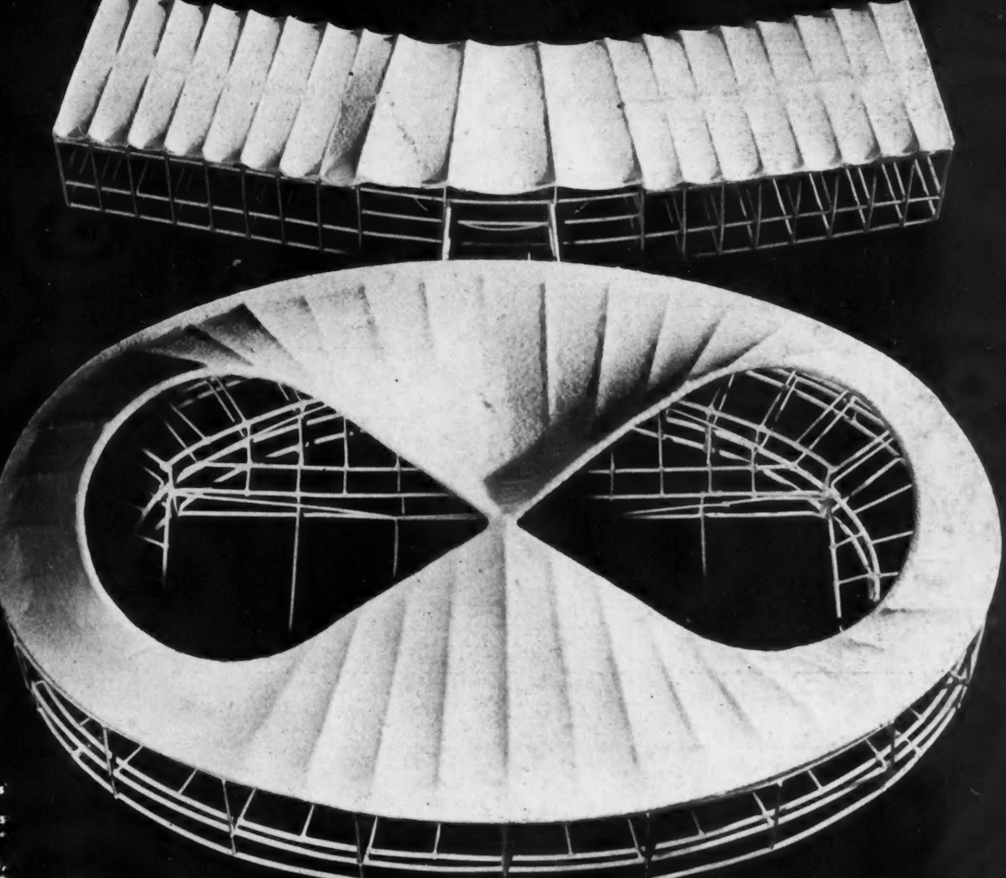
A

0 10 20M

0 20M

PROJET DE PISCINE COUVERTE

E.-Y. GALANTAY, ARCHITECTE



Projet pour une piscine couverte s'intégrant dans un ensemble sportif et formée de deux bâtiments.

La couverture du bâtiment A (comprenant vestiaires et annexes) est prévue par éléments conoïdes préfabriqués.

Le bâtiment B (abritant la piscine proprement dite), sur plan elliptique, est caractérisé par l'utilisation d'une forme originale pour la couverture : surface gauche non développable produite par le déplacement d'une droite génératrice sur les deux directrices : d'une part, l'ellipse du plan, d'autre part, la lemniscate des lanterneaux. La grande rigidité du voile est due à la double courbure de sa surface. Le voile se calcule selon le principe d'équilibrage statique des masses et, par conséquent, son épaisseur est variable de 5 à 12 cm. Les nervures de raidissement sont placées selon les génératrices. Elles pourraient être facilement supprimées.

GARE DE CHEMINS DE FER A NEW-LONDON CONNECTICUT, U.S.A.

MARCEL BREUER, ARCHITECTE
EDUARDO CATALANO, CONSEILLER TECHNIQUE

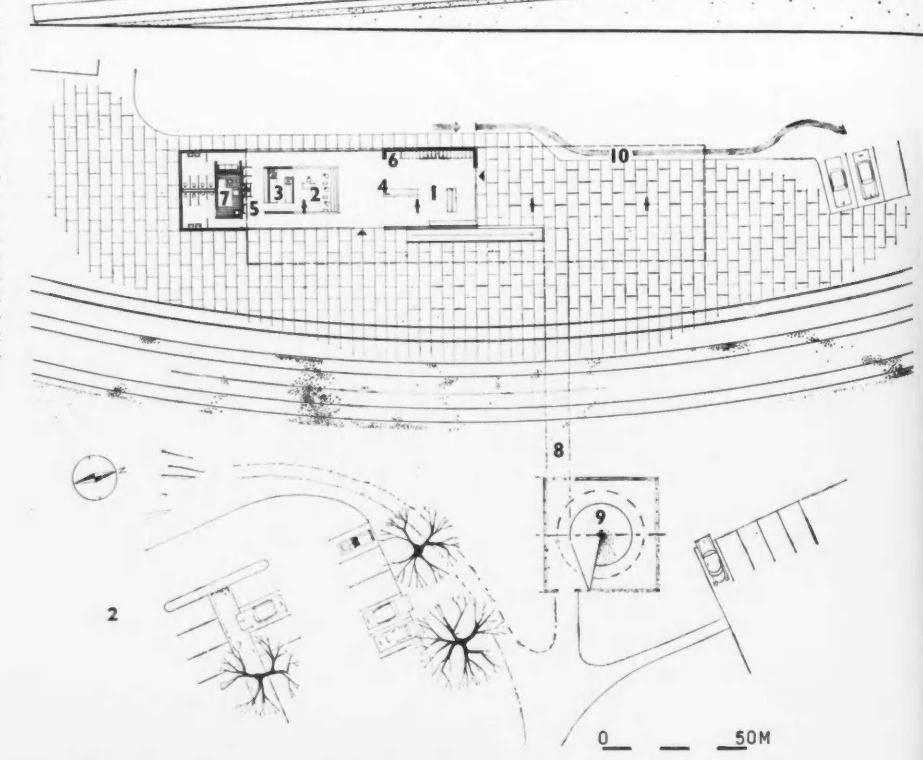


1

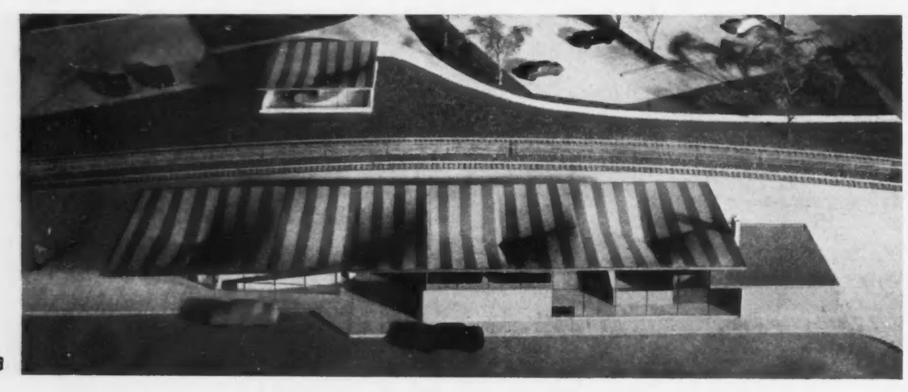
Il s'agit d'un projet de réaménagement de la gare et du terrain avoisinant une localité se trouvant sensiblement à égale distance de New-York et de Boston. L'introduction de trains rapides sur cette ligne permettra aux habitants de ce centre, de caractère résidentiel, de se rendre à leur travail dans l'une ou l'autre de ces grandes villes.

Le projet prévoit la création d'une nouvelle gare comprenant les facilités et l'équipement nécessaires, un parking pour 1.600 voitures relié au quai par un passage souterrain et un pont de 28' (environ 8 m. 50) de large. En outre, une passerelle pour piétons enjambe la voie ferrée. Enfin, on suggère d'aménager, au bord de la rivière Thames, un centre attractif comprenant piscine, cabines, restaurant, port de plaisance.

Les constructions proprement dites seront réalisées en voile mince de béton armé. La superstructure de la gare et des pavillons de sortie du souterrain serait réalisée par le groupement de 4 selles paraboliques en cantilever, groupées chaque fois autour d'un point porteur. Les parois périmétriques seraient traitées en pans vitrés et laisseraient à la structure toute sa valeur plastique. Le pont courbe, d'un dessin fort élégant, est dérivé visiblement de certaines constructions de l'ingénieur suisse Robert Maillart.



2



3

1. PLAN D'ENSEMBLE :

1. Gare. 2. Pavillons de sortie du souterrain. 3. Taxis. 4. Parking de nuit. 5. Parking de jour. 6. Centre attractif. 7. Quai de déchargement des marchandises. 8. Pont. 9. Passerelle piétons. 10. Quai d'accostage.

2. PLAN DE LA GARE :

1. Salle d'attente. 2. Guichets. 3. Dépôt. 4. Journaux. 5. Téléphone. 6. Vestiaires et distributeurs automatiques. 7. Chaufferie et incinération. 8. Passage souterrain. 9. Pavillon de descente au souterrain. 10. Arrêt couvert pour les autos.

3. Maquette de la gare et de la sortie du tunnel sur la voie. 4. et 6. Élévation du pont et de la passerelle. 5. Maquette du pont et de la passerelle.

4

5

6

A

B

C

D

Plan d'un élément de couverture de la gare

Coupe diagonale D

Coupe A.B.C. et vue latérale d'un élément type

Coupe [illegible]

ARTICULATION

10.50

ROTULE

ROTULE

50.00

A

P

S

TYMPAN

R

B

1. Détail de la voûte avec les dalles de verre incorporées et assurant l'éclairage. 2. Vue intérieure. 3. Vue extérieure d'ensemble.
A. Coupe schématique. B. Détail de construction.

MARCHÉ COUVERT A ROYAN, FRANCE

L. SIMON, M. MORISSEAU, ARCHITECTES
R. SARGER, INGÉNIEUR-CONSEIL

Le marché couvert de Royan s'intègre dans le nouveau plan d'urbanisme de la ville.

Il s'agissait de couvrir sans point d'appui intérieur une surface circulaire de 50 m. de diamètre. Le volume est clos par une voûte sphérique ondulée en paraboloïdes sinusoïdaux, de telle sorte que ce sont les parties basses des ondes qui, atteignant le sol, forment sur la périphérie les points d'appui de l'ensemble de l'ouvrage. Les parties hautes de ces ondes dépassent comme des visières formant auvents sur le périmètre du marché.

Ces ondes, fort importantes en façades puisqu'elles ont près de 6 m. de hauteur, diminuent rapidement au fur et à mesure qu'elles se rapprochent du centre du marché haut de 10,50 mètres pour ne plus avoir que la hauteur de la couronne centrale qui les contrebute, soit : 40 cm.

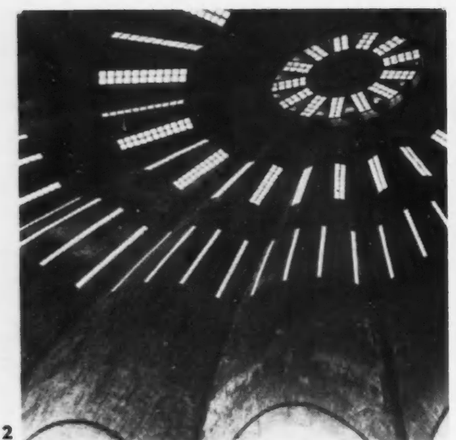
Tous les éléments principaux : voûte de couverture, nervures descendant au sol et ondes paraboliques rayonnantes s'épanouissant vers l'extérieur, sont les parties intégrantes d'une même forme architecturale.

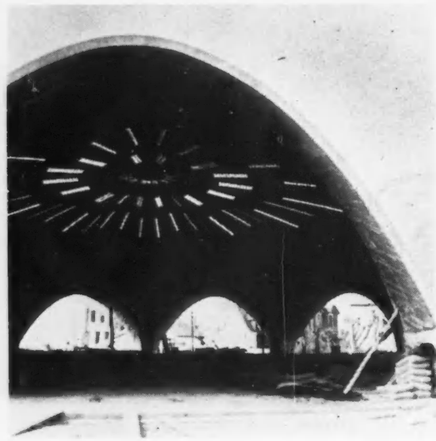
La clôture proprement dite de l'enceinte trouve normalement sa place à l'intérieur des ondes s'ouvrant en façades comme des tympans de verre en hauteur et de béton dans leurs parties basses trouées par les portes d'entrée.

Au-dessus de ces portes principales et au niveau bas des tympans vitrés s'élancent en porte-à-faux de grands auvents extérieurs formant abris. Enfin, l'un de ces auvents encore plus important que les autres vient couvrir un bar largement dégagé vers l'arrière-ville.

Sur la demande des architectes, l'ingénieur dut incorporer dans les voiles minces de couverture des dalles de verre permettant une diffusion de la lumière et supprimer les raidisseurs verticaux périphériques en les incorporant dans l'épaisseur même de la voûte.

Enfin, pour éviter tout effort secondaire d'encastrement aux appuis, on a prévu de poser simplement sur les têtes des pieux de fondation l'ensemble de la construction. Celle-ci repose donc au sol en treize points dont la surface d'appui est un rectangle de 15 cm sur 60. Chacun de ces appuis est alors relié par des tirants enterrés ceinturant tout le marché.

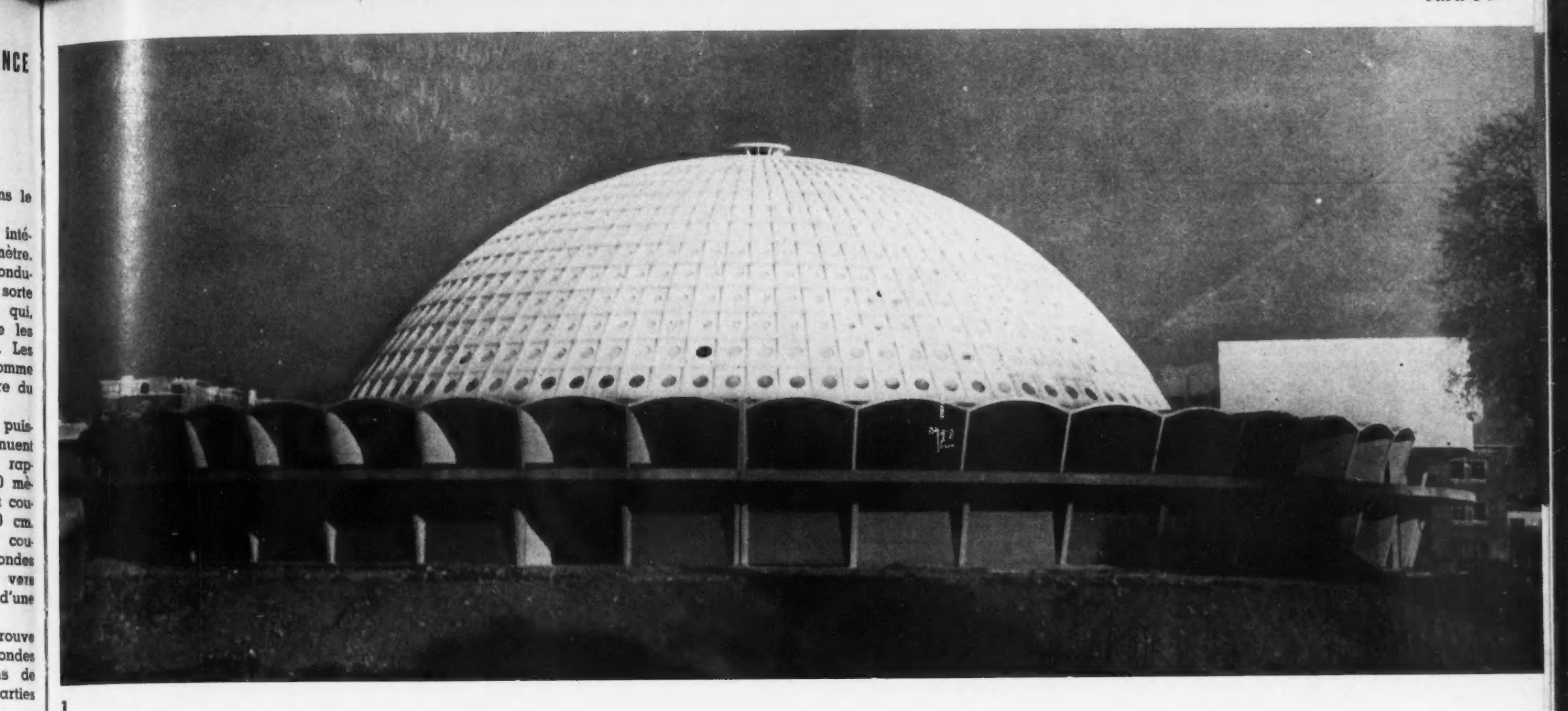




1 | 2



3



1

MARCHÉ DE GROS A SIDI-BEL-ABBES, ALGÉRIE

M.-J. MAURI, ARCHITECTE

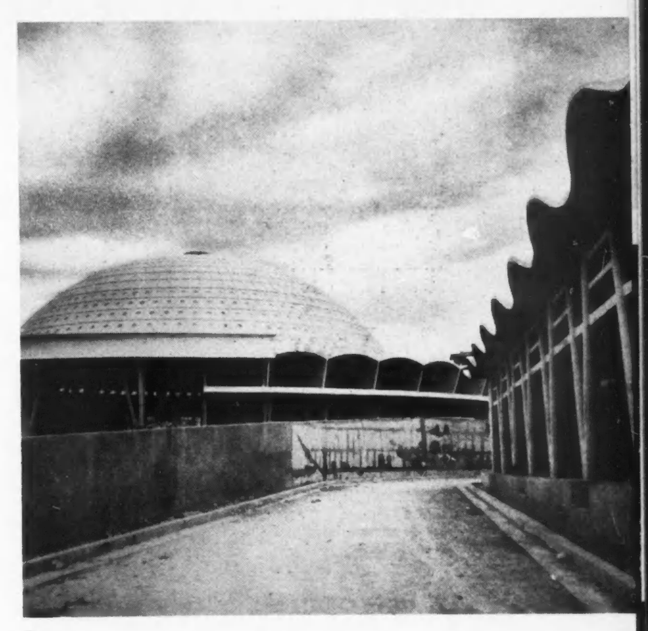
PELNARD CONSIDERE ET CAQUOT, INGÉNIEURS

Nous présentons aujourd'hui la réalisation de ce marché terminé après l'avoir publié en cours de chantier et en avoir donné le programme et le plan dans notre numéro 60.

Il s'agit d'une coupole hémisphérique de 41 m. de diamètre à la base, réalisée sans coffrage en éléments coulés au sol, levés et mis en place à la grue. La coupole comprend treize assises de 48 voussoirs, une assise de 24 voussoirs et un lanterneau d'aération. Chaque voussoir comprend deux caissons, ce qui a permis l'alternance des joints.

1. Vue d'ensemble. 2. Vue côté Nord. 3. Les boutiques entourant le marché.

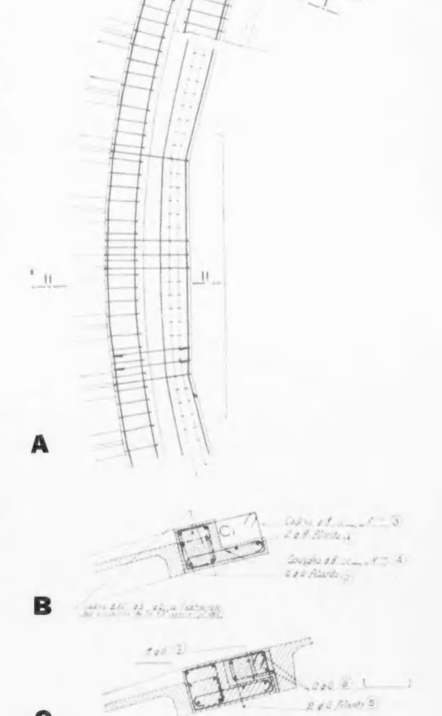
A. Plan partiel de la ceinture supérieure et lanterneau. B. Coupe I-I. C. Coupe II-II. D. Demi-vue en plan de la ceinture supérieure. E. Demi-plan de la couverture.



2

3

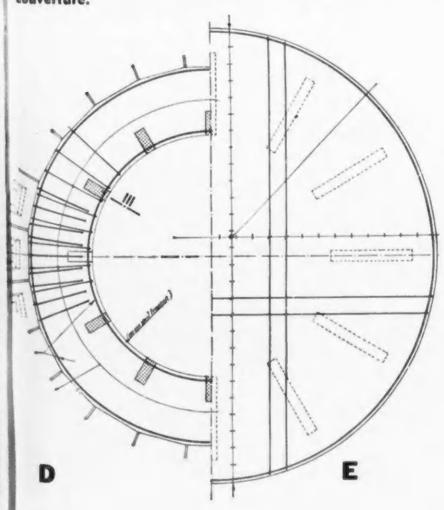




A

B

C



D E

1

AUDITORIUM DU M.I.T., CAMBRIDGE, U. S. A.

EERO SAARINEN ET ASSOCIÉS, ARCHITECTES



Doc. Casabella 2

Sur le terrain situé derrière le bâtiment d'habitation pour étudiants construit par A. Aalto (v. *A. A.*, n° 29), Saarinen a conçu une vaste esplanade avec, d'un côté l'auditorium et de l'autre une chapelle universitaire, s'inscrivant dans le « campus » de l'Institut Technique du Massachussets (M.I.T.) entouré d'édifices divers tels qu'usines et entrepôts.

Au lieu de partir de la fonction pour créer une architecture, Saarinen a au contraire réalisé une forme très pure, abri dans lequel pourront s'inscrire les différentes activités prévues par le programme.

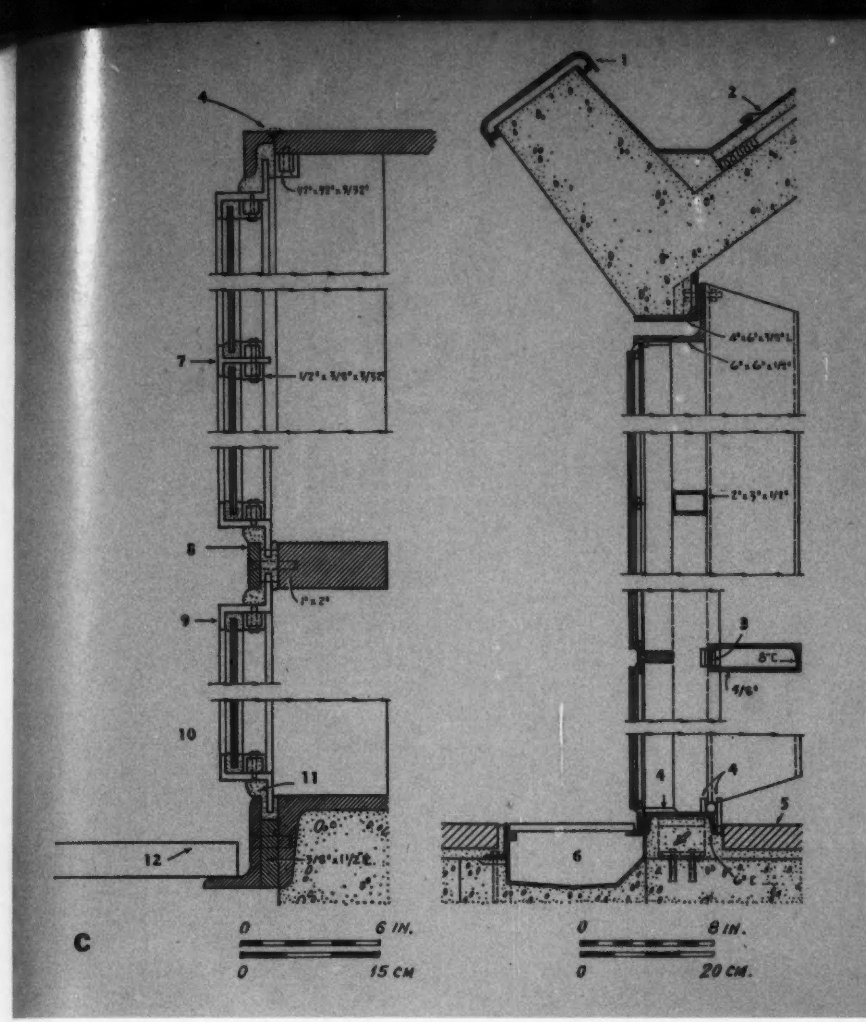
La couverture est une coupole en voile mince b.a. de la forme d'un huitième de sphère reposant sur trois articulations.

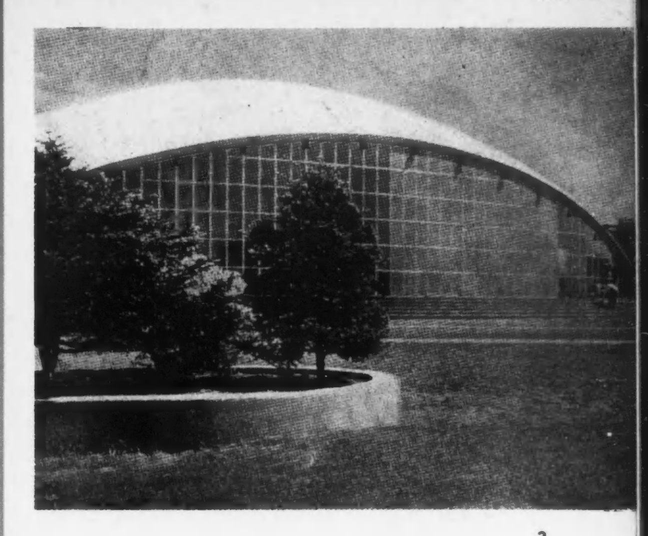
Les aménagements intérieurs sont complètement indépendants de cette coupole. Les importants problèmes de cloisonnement ont été résolus par des détails d'isolation avec joints en caoutchouc. La calotte a été recouverte de cuivre plombé alors que les nervures bordant les vitrages sont traitées en aluminium.

Les corrections acoustiques rendues nécessaires par la forme concave de la voûte ont été résolues par des bafles suspendues.

Le programme prévoyait, d'une part, l'auditorium de 1.200 places et, d'autre part, un théâtre de 200 sièges. Ce dernier a été installé au niveau inférieur et l'isolation phonique des deux volumes l'un par rapport à l'autre est assurée par des plafonds isophoniques suspendus très complexes.

La hardiesse de conception de Saarinen n'a pas été sans soulever des protestations et cette réalisation est très discutée aux Etats-Unis. Notre confrère américain *Architectural Forum* a publié dans son dernier numéro de mars 1956 les opinions de l'architecte italien Bruno Zevi, directeur de *L'Architettura*, de J. M. Richards, l'un des directeurs de l'*Architectural Review* de Londres et auteur d'un ouvrage sur l'architecture moderne : *An Introduction to Modern Architecture*, ainsi que de S. Giedion, le critique d'architecture bien connu.





3

1. Vue intérieure, au premier plan maquette d'ensemble de l'auditorium. 2. Vue d'ensemble de l'auditorium dans le « campus universitaire ». 3. Vue de façade.

A. PLAN 1er NIVEAU

1. Auditorium. 2. Estrade. 3. Fosse d'orchestre. 4. Sièges sur plancher amovible. 5. Terrasse.

B. PLAN NIVEAU INFERIEUR

1. Théâtre. 2. Scène. 3. Atelier menuiserie. 4. Répétitions chœur. 5. Centrale mécanique. 6. Vestiaires. 7. Lavabos femmes. 8. Dépôt musique. 9. Prise d'air. 10. Loges et douches. 11. Dépôt. 12. Mécanique. 13. Réception décors.

C. COUPE SUR LA PAROI EXTERIEURE

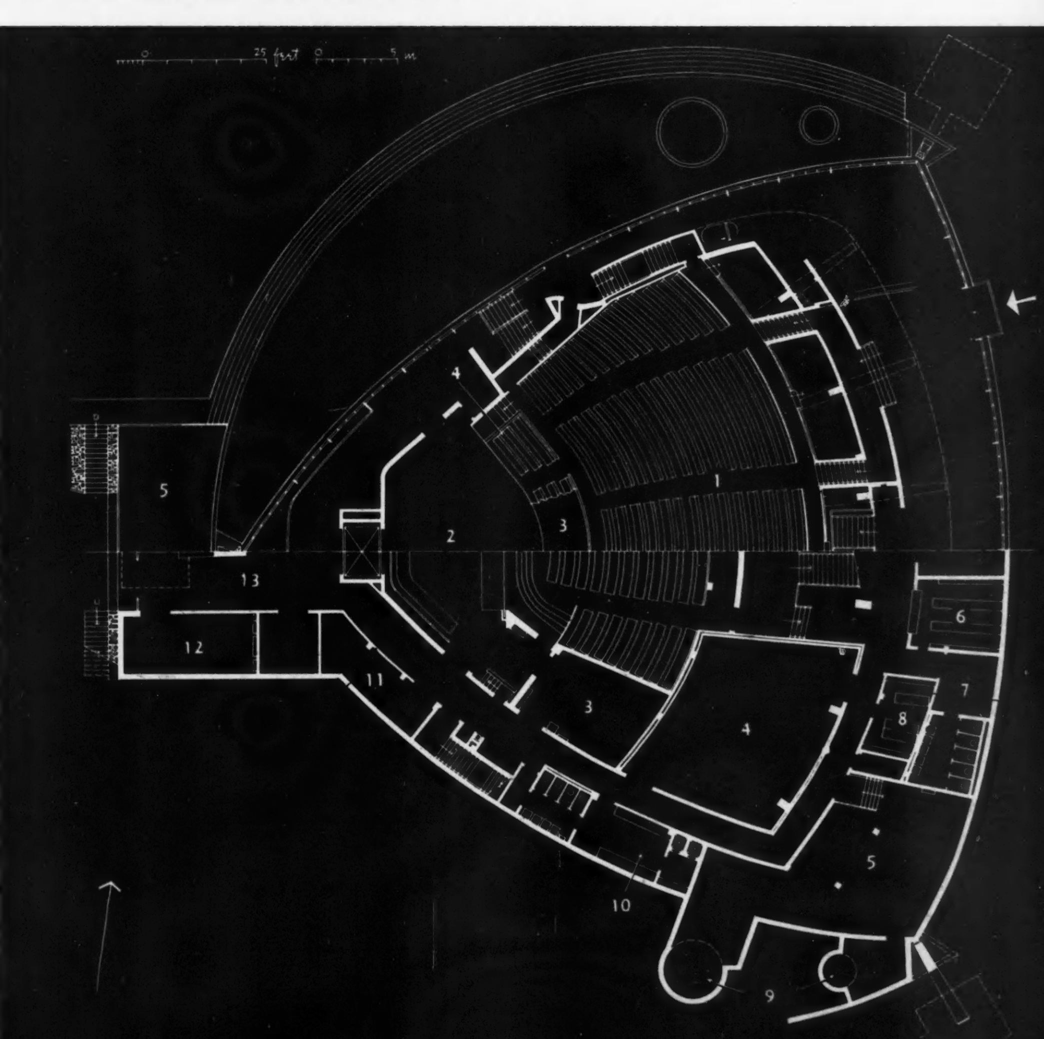
1. Tôle d'aluminium. 2. Cuivre plombé. 3. Potelet fer soudé. 4. Soudure. 5. Sol briques. 6. Caniveau. 7. Profils alu. 8. Raidisseur horizontal acier. 9. Aluminium. 10. Glace. 11. Joint plastique. 12. Dallot caillebotis acier.

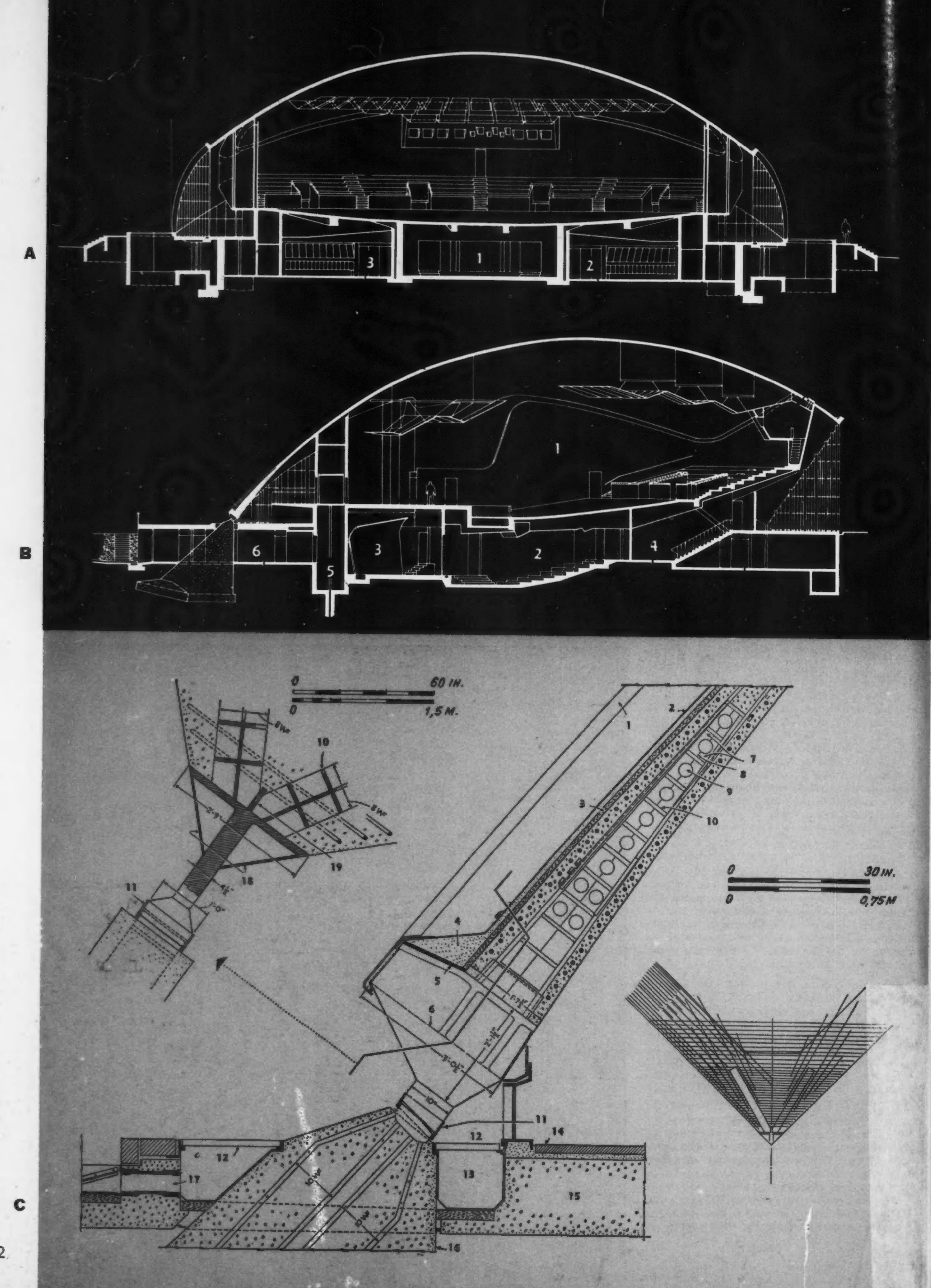
Pour Bruno Zevi, « il y a derrière l'œuvre de Saarinen une « philosophie » qui peut faire l'objet d'une discussion objective », et s'il n'arrive pas à être d'accord avec cette philosophie, il pense néanmoins qu'elle est significative de l' « impasse figurative d'aujourd'hui » et peut-être même de la crise morale des temps actuels. En dissociant la forme de la fonction, la construction de la technologie, Saarinen semble retrouver la philosophie même du maniérisme qui fut l'expression de l'évasion d'une réalité sans intérêt. Les architectes maniéristes ne savaient qu'exprimer et ils se consacrèrent à la recherche de formes générales plus étonnantes que convaincantes.

« Peut-être Saarinen en est-il arrivé au même point : la tendance élégiaque de son père et sa propre éducation technique ne pouvaient co-exister plus longtemps. Un saut était nécessaire. Cet auditorium est l'expression sincère de ce saut. » Mais B. Zevi considère à la fois que Saarinen est l'un des architectes les plus remarquables de sa génération et que les erreurs des grands architectes sont toujours significatives.

Pour M. J. Richards, la pureté de la conception structurale des réalisations du M.I.T. mérite de susciter l'admiration. Bien que, selon lui, la pureté détruise l'échelle, il se déclare convaincu que cette œuvre de Saarinen tend à la monumentalité. En réponse à la question de savoir si la technique est serviteur ou maître et quels services il convient de lui demander, on peut dire que l'auditorium exploite les nouvelles techniques industrielles pour créer son effet architectural.

S. Giedion replace l'auditorium de Saarinen dans l'ensemble des récentes constructions de même esprit et rappelle que « chaque civilisation — depuis que l'espace intérieur fut déterminé pour la première fois — a trouvé une solution au problème de couverture de grands espaces répondant à des besoins émotionnels propres ». Le dôme de Saarinen peut en être considéré comme une expression moderne.




A
3
1
2
B
1
6
5
3
2
4
C
0
60 IN.
0
1,5 M.
0
30 IN.
0
0,75 M
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19

A. COUPE TRANSVERSALE

1. Théâtre. 2. Répétitions chœur. 3. Répétitions orchestre.

B. COUPE LONGITUDINALE

1. Auditorium. 2. Théâtre. 3. Scène. 4. Foyer. 5. Ascenseur. 6. Entrée artistes.

C. DETAIL DE LA BUTEE

1. Revêtement type pax alumin. 2. Feuille de cuivre plombée. 3. Laine de verre. 4. Solin. 5. Mastic. 6. Tôle de fermeture. 7. Ame feuillard soudé. 8. Grillage soudé. 9. Perforation. 10. Raidissage soudé. 11. Plat de recouvrement de l'appui amovible. Surface interne graissée. 12. Dallot amovible. 13. Collecteur d'eaux pluviales. 14. Sol fini en briques. 15. Dalle b.a. 16. Butée b.a. 17. Drain. 18. Panneaux d'obturation. 19. Feuillard soudé.



1

Doc. Architectural Record



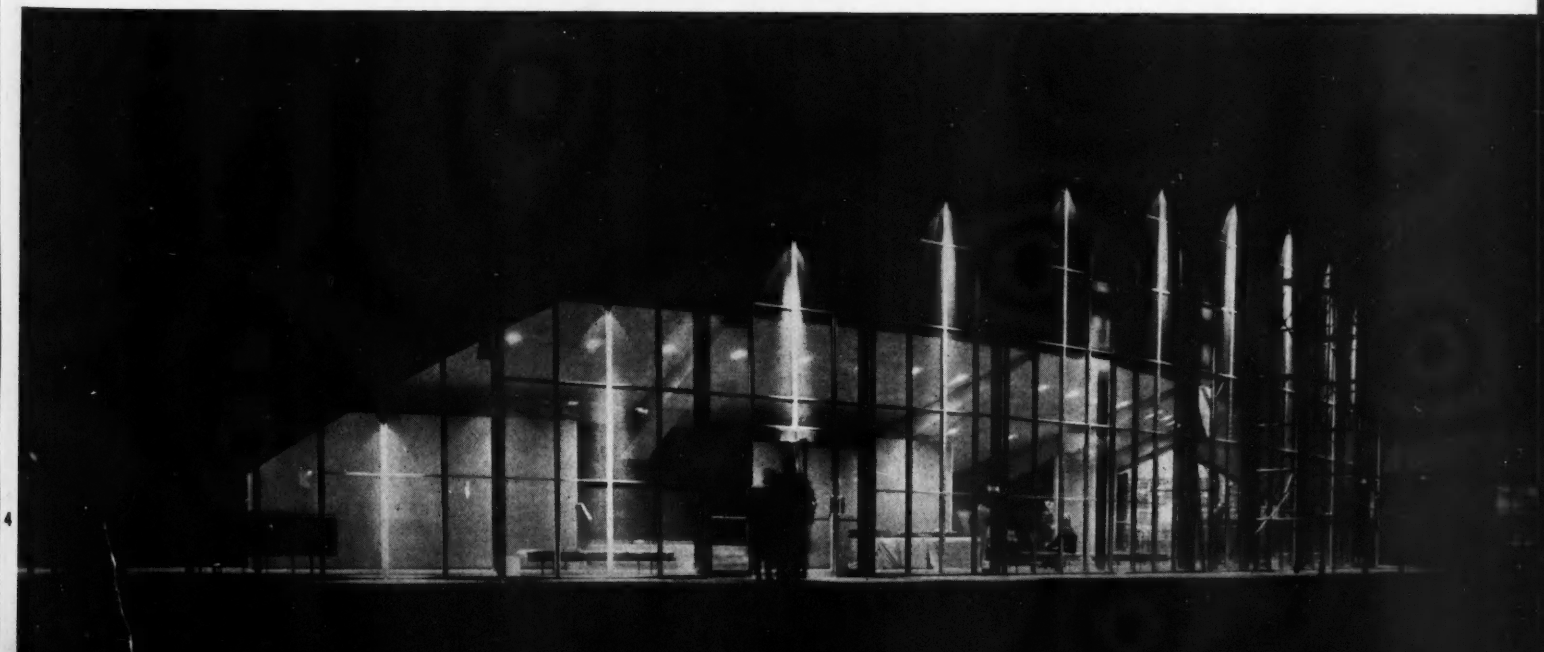
2



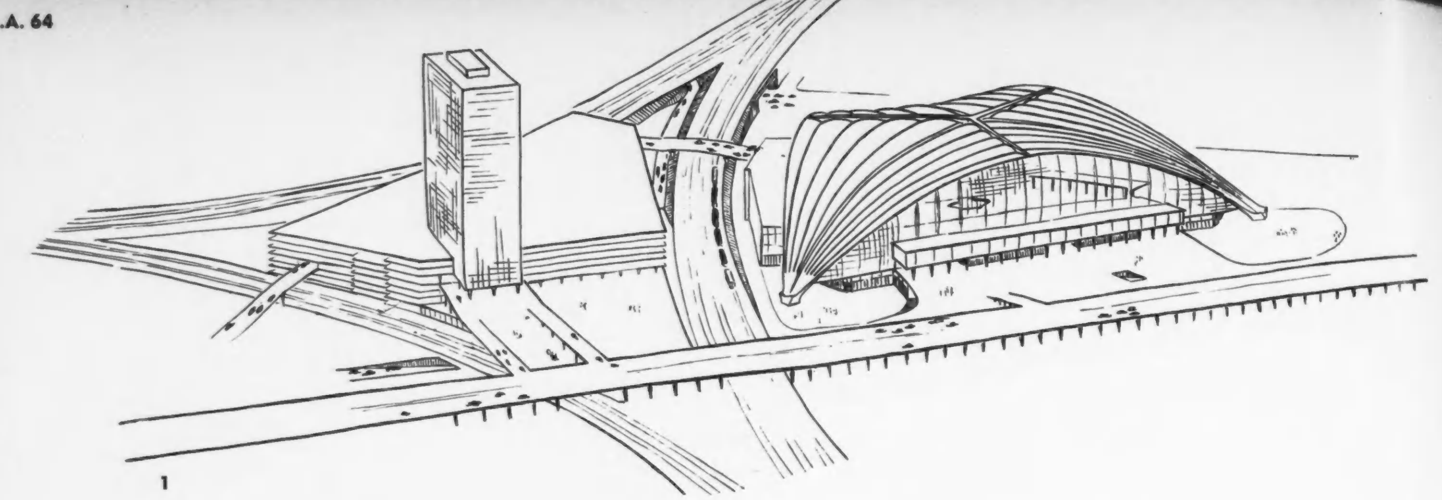
3

Doc. Casa Bella

1. et 3. Deux vues intérieures de l'auditorium. Revêtement des murs en chêne. Dossiers des fauteuils en tôle vernie. Ecrans acoustiques vernis blancs. Plafond gris-bleu. 2. La galerie entourant l'auditorium. 4. Vue de nuit.



4



1

CENTRE NATIONAL DES INDUSTRIES ET DES TECHNIQUES, PARIS

CAMELOT, DE MAILLY, ZEHRFUSS, ARCHITECTES, P.-L. NERVI, INGENIEUR CONSULTANT

J. PROUVE, G.M. PRESENTE ET GUERIN, INGENIEURS CONSEILS

SOCODEF, SOCIETE MANDATAIRE GROUPEMENT D'ENTREPRISES

Av. Perronet

Av. Carpeaux

D D

2 Av. Gén.-Leclerc

1. Perspective d'ensemble. 2. Plan de la voûte. 3. Façade avenue Perronet.

A. — SOLUTIONS TECHNIQUES ENVISAGEES POUR LA COUVERTURE DU GRAND HALL.

Les architectes avaient présenté, en tant que solution de base, une couverture en nervures de béton armé (1).

Cette solution avait été étudiée avec la collaboration de l'ingénieur Pier Luigi Nervi.

Le groupement d'entreprises représenté par la SOCODEF a successivement proposé plusieurs variantes à cette solution :

La première, étudiée par l'ingénieur Freyssinet, était une solution en voile mince.

La seconde, étudiée par les entreprises Daydé et Fives-Lille, était une solution en charpente métallique soudée dont le principe était semblable à celui de la solution de base.

La troisième, étudiée sous la direction de l'ingénieur Esquillan, était une solution mixte, béton et acier, constituée par un double voile mince en béton armé et par des poutres métalliques disposées à l'intérieur de ce voile.

C'est finalement une quatrième solution qui a été définitivement retenue.

Cette solution a été étudiée par l'ingénieur Esquillan et mise au point après consultation de Pier Luigi Nervi.

B. — CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DE LA SOLUTION RETENUE.

Cette couverture est destinée à abriter une surface en plan de forme triangulaire équilatérale de 218 m de côté théorique. Elle est constituée essentiellement de trois portions de voûtes cylindriques de 205 m de portée dont les intersections en forme d'arc de cloître se projettent suivant les hauteurs du triangle équilatéral.

Chaque voûte cylindrique comporte une section de clé constituée par neuf tubes creux en béton armé, dont la section est définie sur les dessins. Cette section comporte essentiellement une voûte supérieure de 10 m de rayon de courbure, de deux voiles verticaux de hauteur variable, de deux demi-voûtes inférieures de 8 m de rayon de courbure, réunies par une partie plane de 1,25 de largeur maximum. Les épaisseurs de ces différentes parties sont déterminées par le calcul : elles sont au minimum à la clé de 0,06 pour les voûtes supérieure et inférieure et de 0,10 m pour les voiles verticaux formant tympans. Afin d'assurer une protection thermique, la voûte supérieure est coulée sur un matériau isolant formant coffrage perdu, du genre « héraklite » ou similaire.

Etant donné la forme triangulaire en plan de chaque portion de voûte cylindrique, les voiles verticaux formant âmes se rapprochent au fur et à mesure que l'on s'approche des culées. Par contre, le rayon de courbure des voûtes supérieure et inférieure reste constant : de ce fait l'importance des creux entre les différentes voûtes diminue. Au voisinage des culées, ce creux étant devenu inexistant, les voûtes sont réduites à leur plan tangent.

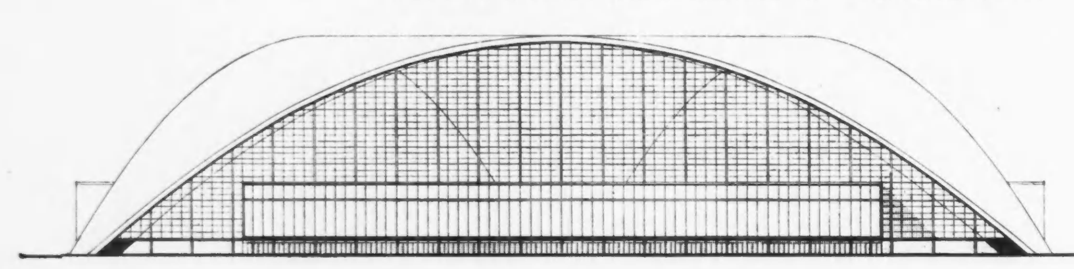
Tous les 9 m, afin d'empêcher la déformation transversale des tubes en béton armé, sont prévus des tympans raidisseurs transversaux. De plus, pour permettre l'équilibrage des efforts de butée centripètes, à la clé de chacune des portions de cylindre, une étoile à trois branches en béton armé est disposée au faîte de la couverture pour transmettre des efforts jusqu'au centre de la couverture où ils s'annulent réciproquement.

Des câbles de précontrainte sont disposés dans l'épaisseur du hourdis supérieur, pour comprimer le béton dans le sens transversal. La compression dans le sens longitudinal, obtenue par l'effet de voûte combinée avec cette compression transversale, assurera l'étanchéité.

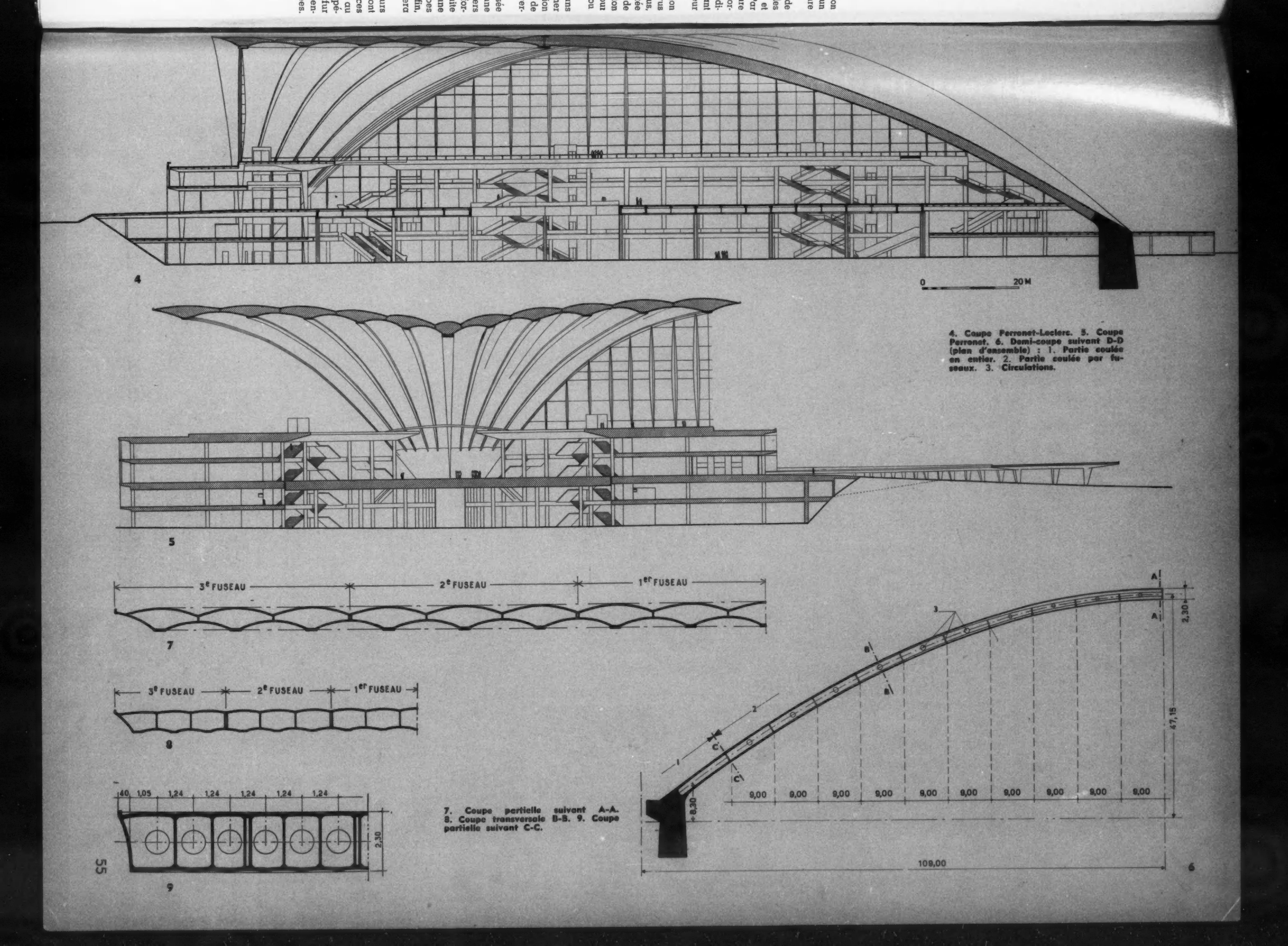
La construction de la couverture sera réalisée en trois tranches successives. Tout d'abord une première tranche comportant les trois premiers tubes de chaque côté de la ligne d'arête et formant ainsi une étoile autostable sera construite et décintrée. Ensuite, simultanément dans une deuxième tranche, seront construits les trois tubes suivants de chaque portion de cylindre. Enfin, dans une troisième tranche, la couverture sera terminée.

Pour équilibrer les poussées des voûtes sur leurs culées, des tirants formés d'aciers extra durs seront disposés suivant les trois côtés du triangle, ces tirants seront enterrés afin de les soustraire au maximum aux effets des variations de température. Les allongements de ces tirants au fur et à mesure de la mise en charge seront compensés pour empêcher tout écartement des culées.

(1) *Aujourd'hui*, n° 4.



3



4. Coupe Perronet-Leclerc. 5. Coupe Perronet. 6. Demi-coupe suivant D-D (plan d'ensemble) : 1. Partie coulée en entier. 2. Partie coulée par fuseaux. 3. Circulations.

7. Coupe partielle suivant A-A. 8. Coupe transversale B-B. 9. Coupe partielle suivant C-C.

LES TOITURES SUSPENDUES ET LES VOILURES PAR FREI OTTO

Les toitures suspendues sont entrées depuis quelques années dans le domaine des solutions économiques permettant de couvrir de grands espaces.

Grâce aux travaux du Français Bernard Laffaille, notamment, des réalisations spectaculaires ont pu être entreprises. Nous en avons publié un certain nombre et nous en publions d'autres dans le présent numéro (v. p. 16).

L'arène de Raleigh (n° 50-51), le hall d'exposition de Carlsruhe (n° 55), le centre émetteur Europe n° I (v. p. 66) ont été réalisés en partant de principes statiques fort anciens appliqués à des techniques modernes. Les possibilités nouvelles ainsi offertes pour la couverture d'espaces considérables par ces « voilures » ouvrent des perspectives extraordinaires dont on ne saurait trop souligner l'importance.

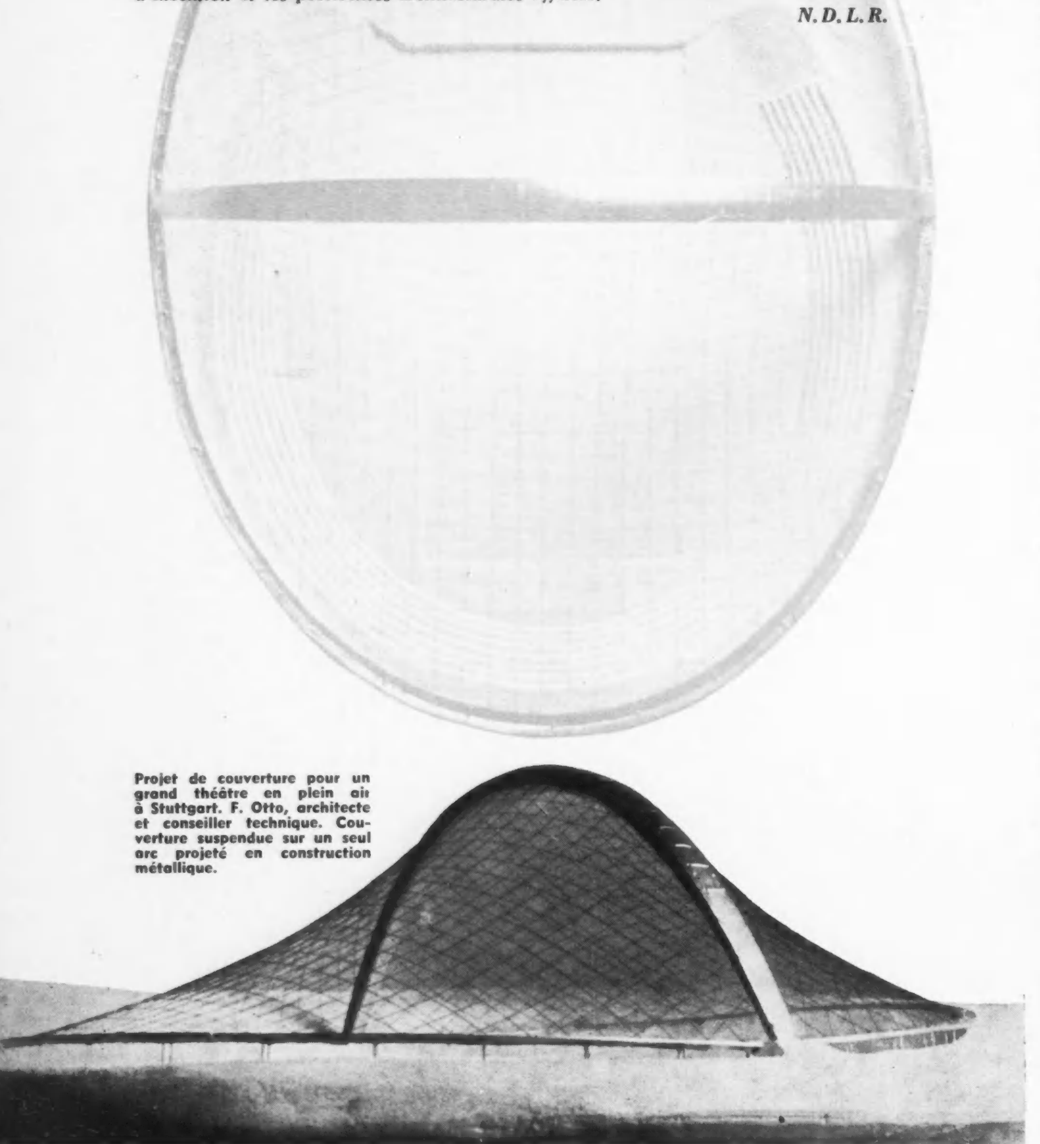
En dehors de l'application à des bâtiments de caractère définitif, nécessitant la couverture de vastes surfaces libres, on peut envisager dans un proche avenir la mise à l'abri, dans des conditions économiques, de surfaces presque illimitées. De telles possibilités pourraient amener un bouleversement des méthodes de travail dans le bâtiment et des conceptions actuellement envisagées pour son industrialisation.

S'il s'avérait possible de mettre hors d'eau la surface totale de chantiers importants, mettant dès lors les méthodes de travail sur site à égalité de confort avec celles en atelier, on soustrairait ainsi le bâtiment aux influences climatiques avec tous les prolongements que cette solution comporte quant à la facilité et à la rapidité d'exécution (des chantiers expérimentaux ont d'ailleurs été entrepris récemment sous cette forme en Hollande).

Par ailleurs, les grandes manifestations périodiques ou temporaires telles que foires, expositions, compétitions sportives, etc., n'auraient plus besoin de constructions permanentes onéreuses et pourraient être mises à l'abri dans leur totalité, quelle que soit la surface à couvrir, par des combinaisons de voilures tendues sur quelques rares points d'appui, dont on voit d'ailleurs déjà les premières réalisations.

Nous avons demandé à l'ingénieur Frei Otto d'exposer succinctement les principes des toitures suspendues et des voilures, esquissant les perspectives nouvelles qui s'ouvrent devant la construction. Le Dr Frei Otto est l'auteur du premier ouvrage consacré aux toitures suspendues qui fait le bilan complet des recherches et études poursuivies dans ce domaine jusqu'à ce jour. Nous ne pouvons que renvoyer les lecteurs intéressés à cette remarquable publication (1) qui présente non seulement les principes théoriques, mais aussi les détails d'exécution et les possibilités architecturales offertes.

N. D. L. R.



Projet de couverture pour un grand théâtre en plein air à Stuttgart. F. Otto, architecte et conseiller technique. Couverture suspendue sur un seul arc projeté en construction métallique.

PRINCIPES FONDAMENTAUX

On peut ramener les innombrables formes de construction que nous connaissons à trois principes fondamentaux :

1° Poteaux et poutres ;
2° Arcs et coupoles ;
3° Systèmes suspendus.

Les trois systèmes (fig. 1) sont fort anciens et ont été explorés, expérimentés et étudiés dans toutes leurs possibilités.

Le bois, la pierre, le béton et le béton armé, l'acier, ont été et sont encore les matériaux utilisés par le constructeur pour faire face aux efforts normaux de compression et de flexion.

L'application de dispositifs de suspension aux couvertures s'est heurtée dans le passé à leur trop grande légèreté et à l'absence de matériaux susceptibles de résister efficacement aux efforts de traction. Nous connaissons aujourd'hui de tels matériaux et nous nous trouvons au premier stade d'une évolution très prometteuse dans ce domaine; les recherches approfondies entreprises depuis quelques années permettent de résumer ainsi le résultat de ces travaux :

« La réalisation de couvertures de portées considérables et la création d'espaces clos avec une utilisation minimum de matière ne peuvent se concevoir qu'avec des systèmes de toitures suspendues. »

Par « toit suspendu » nous entendons une « peau » sollicitée essentiellement en *traction* et faisant fonction, à la fois, de système porteur, de couverture et de forme-espace. (L'effet de flambage n'intervient pas dans ce système.)

Les résistances à la traction, dans le cas des fibres et des fils travaillant uniquement en traction, sont les plus fortes résistances de matériaux que l'on ait pu atteindre jusqu'ici. C'est ainsi que l'on trouve dans le commerce et que l'on utilise fréquemment un fil d'acier ayant une résistance s'élevant à 200 kg/mm² et il existe des fils d'acier d'une résistance à la traction de plus de 375 kg/mm² !

A PROPOS DE LA TENTE.

La tente est un toit suspendu aussi vieux que l'homme. Sa couverture est faite de toile.

A l'heure actuelle, nous utilisons toujours les mêmes méthodes de construction employées il y a quelques millénaires et cependant la fabrication des tentes connaît précisément, en ce moment, une très grande vogue et se trouve en plein essor. L'Antiquité nous a légué des réalisations grandioses. A titre d'exemple, on peut citer, entre autres : le théâtre d'Athènes, Epidaure, etc., tendus de toiles à voiles. Ces techniques audacieuses ont été perdues et oubliées.

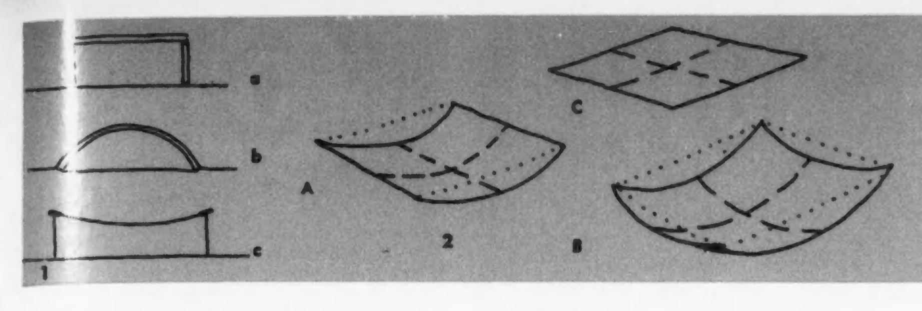
Etant essentiellement mobile, la tente peut s'adapter à tous les besoins comme si elle était animée : structure organique, fidèle compagnon de l'homme.

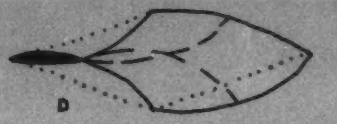
Malheureusement, elle est trop éphémère. En Europe, il faut renouveler tous les cinq ans la toile détériorée par l'action des rayons ultraviolets. Nous connaissons des hangars de toile ayant une superficie de 40 m sur 100 m et dans de tels cas, il ne s'agit pas d'une bagatelle.

Toutefois, la situation a pris maintenant une tournure extrêmement différente.

La création de fils en matières synthétiques spéciales a permis de doubler la résistance aux intempéries et dernièrement on a réussi à enrober des fils et des membranes de verre d'épaisseur minime avec des matières synthétiques souples en augmentant considérablement leur résistance à la casse et à l'usure.

Nous estimons qu'à l'heure actuelle, une tente, dont les formes ont été spécialement étudiées, peut atteindre la durée d'une vie humaine.





1. Les trois principes fondamentaux : a. Supports et poutres. b. Arcs. c. Systèmes suspendus. 2. Les systèmes de base du toit suspendu : a. toit suspendu à une seule courbure. b. toit à deux courbures librement suspendu transversalement. c. toit plat précontraint. d. toit suspendu précontraint à courbure en selle.

Pour l'industrie du bâtiment, dans son ensemble, ce fait pourrait avoir une importance qu'il faut se garder de sous-estimer : utilisée aujourd'hui, de l'équateur aux régions polaires, la tente permet d'atteindre la plus haute isolation thermique.

Si l'on songe peut-être, dès maintenant, à la construction interplanétaire, la tente sera le compagnon de l'homme.

Récemment encore, il fallait compter 150 kg d'acier par mètre carré de surface de couverture pour un hall de 100 m de portée. Actuellement, on ne prévoit plus que 6 kg/m² et les derniers projets approchent environ 1 kg/m² ! Dans le calcul, seules interviennent les surcharges extérieures (vent et neige) et le poids propre est devenu négligeable.

La somme de travail mental croît en proportion inverse de la matière mise en œuvre. Déjà on ne « construit » presque plus ; ce phénomène ne sera bientôt plus qu'une « pensée ».

Peu de matériaux subsistent. L'architecte les « sentira » désormais plus facilement que les masses considérables qu'il a fallu maîtriser jusqu'à présent.

FORCE ET FORME.

Le toit suspendu a l'aspect d'une « peau » mince et bien tendue de caractère arachnéen. ette peau est soumise à une tension considé-ble. Il lui faut transmettre des charges multiples t les innombrables forces résultantes agissant ur sa surface.

Cette couverture est, simultanément, forme exté-ieure et apparente du bâtiment et structure inté-ieure. Les forces en déterminent la forme. Dans e domaine, forme signifie : modelage des forces.

IATERIAUX.

Les principaux matériaux de construction à usage des toits suspendus sont ceux qui, ayant n poids propre extrêmement faible, résistent le ieux à la traction, tels que feuilles de métal, toi-on de fils, tôles, fils, feuillards, barres ou cordes.

Le rapport : contrainte de rupture/poids spé-ifique est d'une importance primordiale pour tout natériau utilisé en construction légère. Cette va-eur que l'on désigne sous le nom de « longueur le rupture » s'exprime en kilomètres.

Il est théoriquement possible de laisser pendre ibrement un fil d'acier d'une résistance de 00 kg/mm² sur une longueur de 26,5 km jusqu'à upture par son propre poids.

Si l'on tend ce même fil d'acier entre points hori-ontaux, la distance maximum pouvant alors être ranchie s'élève même à 37 km.

PRINCIPALES « LONGUEURS DE RUPTURE »

)uralumin, meilleure qualité		15	km
3ois de pin		20	»
Acier 200		26,5	»
Coton	environ	37	»
Soie	»	45	»
Perlon	»	50	»
Fibre de verre	»	50	»

Actuellement les matériaux les plus économiques sont toujours l'acier et le coton ; mais le verre fait de rapides progrès.

Ces valeurs montrent clairement quelles sont les conclusions à tirer quant aux limites pratiques qui nous sont aujourd'hui imposées.

(Pratiquement, les portées maxima pour toits et ponts suspendus se situent environ d'un dixième à un cinquième des valeurs kilométriques de rupture.)

En ce qui concerne le béton, pris sous sa forme la plus favorable, c'est-à-dire l'arc, la limite pratique d'utilisation rationnelle est déjà atteinte.

NEIGE ET VENT.

Les toits légers se déforment sous l'influence des charges. Les déformations sont inoffensives à l'intérieur de certaines limites, si elles ne perméabilisent pas le revêtement du toit et ne s'accompagnent pas de bruits.

Le vent devient un sujet de graves inquiétudes s'il fait naître des oscillations dans la couverture. Les forces du vent sont considérables et pour la plupart négatives, c'est-à-dire qu'elles agissent vers le haut en ayant tendance à emporter le bâtiment. En Europe, il arrive souvent que les endroits les plus défavorables de la toiture subissent une charge de l'ordre de 100 kg/m². Dans d'autres parties du monde, ces forces sont encore plus élevées. Il est possible de dominer ces forces à condition de les connaître, et pour y parvenir, les essais en soufflerie sont indispensables.

Un certain nombre d'expériences pratiques ont déjà été recueillies. La fameuse Arène de Raleigh a été à deux reprises au centre d'un ouragan et même les tentes de Cassel ont connu une sérieuse tempête qui a endommagé d'autres édifices.

MEMBRANES, TISSUS ET RESEAUX DE FILS.

Le revêtement de la toiture autoporteuse est important et doit être constitué par un matériau susceptible de résister à la traction.

Tout le monde connaît la peau de tambour, la toile de tente, la nappe de boyaux des raquettes de tennis.

Pour le toit suspendu, ces éléments se transforment très souvent en membranes, tissus et réseaux de fils.

Des bandes de caoutchouc, des matières fibreuses, des revêtements en plastique, des tôles métalliques, entre autres, servent de membrane. Ces corps peuvent subir des efforts dans n'importe quelle direction de la surface de la membrane, ce qui permet d'exploiter pleinement le matériau employé. La plus grande et la plus petite tension se coupent à angle droit. La tension ne doit en aucun cas être inférieure à zéro, afin d'éviter les plis.

(Ces derniers temps, un type de serre constituée par des feuilles de matière plastique transparente s'est beaucoup répandu.)

D'autre part, des toits en tôles ont déjà été exécutés (2). L'assemblage des diverses membranes de tôle, à partir d'une certaine hauteur, présente des difficultés.

On connaît depuis fort longtemps l'emploi des toiles de tentes. Mais contrairement à la membrane, le tissu ne peut être soumis à des forces considérables que dans les directions du tissage (trame et chaîne). Les toiles de tente de qualité moyenne possèdent actuellement une résistance à la rupture de l'ordre de 5.000 kg par mètre de largeur.

Leur utilisation est déterminée par la résistance à la lumière, à l'humidité, à la pourriture ainsi que par la longueur de rupture. Le coton est le plus souvent utilisé. Son allongement sous l'influence de l'humidité est considérable. Il faut constamment retendre la couverture ou procéder à un ancrage élastique.

La trame de verre stratifiée s'impose de plus en plus. Dans ce cas, la coupe de la couverture est particulièrement difficile puisque le tissu de verre ne permet pas de compenser les inexactitudes. Une tente bien coupée, bien tendue et bien ancrée est aussi solide que n'importe quel autre édifice.

Pour les bâtiments non démontables on utilise aussi des tissus en fils métalliques.

Les réseaux de fils et câbles se comportent comme des tissus aux larges mailles. Ces réseaux sont d'abord « tissés » sur chantier entre les ancrages solidement fixés.

Les mailles entre les fils sont remplies d'autres matières afin d'obtenir une couverture étanche. On dispose actuellement d'une grande variété de méthodes de remplissage. Les principaux matériaux utilisés sont : le béton léger, le bois, le liège, la tôle ondulée et le verre.

Le remplissage (3) peut être exécuté de façon à répondre à presque toutes les exigences en matière :

- de résistance aux intempéries,
- d'isolation thermique,
- d'insonorisation,
- de translucidité.

En principe, les différents fils sont immobilisés aux points de croisement par des systèmes de serrage.

Pour les nappes porteuses, on emploie des faisceaux de fils de fer parallèles ainsi que des câbles métalliques à faible torsion.

SYSTEMES FONDAMENTAUX

Le « toit suspendu à une seule courbure » (fig. 2 A) est librement suspendu comme une toile tendue aux deux extrémités sous son propre poids. La courbure suit la ligne de chaîne. Sous l'influence de charges inégales, le toit subit de fortes déformations. (L'effort du vent est la surcharge la plus dangereuse.) Son domaine d'utilisation en tant que toit est très étendu puisque le montage s'effectue sans difficulté.

Le « toit suspendu à deux courbures » (fig. 2 B) est également librement suspendu comme une toile fixée à plusieurs endroits. La courbure double rend le toit beaucoup moins sensible que le toit à courbure unique. Cependant, l'écoulement de l'eau présente des difficultés et en rend l'emploi très restreint.

En principe, les deux systèmes ci-dessus ne sont pas précontraints, c'est-à-dire : à l'état fictif sans poids propre ni charge, les contraintes dans la couverture sont nulles.

Le « toit plat précontraint » (fig. 2 C) présente une couverture sous forme de peau de tambour qui, à l'état fictif sans poids propre ni charge, subit également des efforts. Ce toit est très fréquemment utilisé pour couvrir une charpente plate, mais présente de nombreux inconvénients à la suite des déformations considérables dues aux charges.

Le « toit précontraint courbé en forme de selle » (fig. 2 D) est le plus important et permet d'obtenir les plus grandes portées et les couvertures les plus légères. La couverture tendue est courbée positivement dans un sens et négativement dans l'autre, soit en forme de dos d'âne.

Les directions principales sont également celles des contraintes principales. Les trajectoires des treillis et cordes sont disposées de manière à suivre toutes deux cette direction.

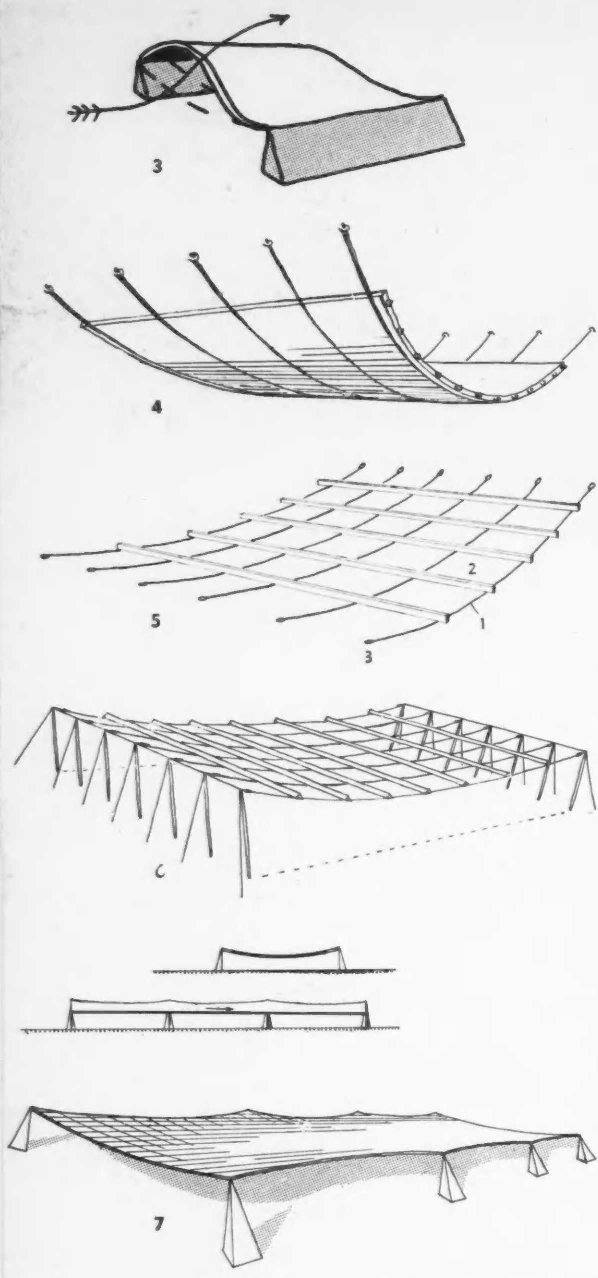
Les charges à supporter, positives ou négatives, ne provoquent qu'une faible déformation.

Ci-après, nous évoquons brièvement les différentes applications de ces quatre systèmes fondamentaux :

(1) LE TOIT SUSPENDU, par F. Otto, Edition Bauweltverlag, Berlin, 1954, 160 pages, 560 gravures, index, bibliographie.

(2) Le premier toit suspendu, composé de tôles d'acier soudées, fut réalisé en 1932 à Albany (U.S.A.). Quatre pans d'une superficie de 36 m sur 82 m furent librement recouverts.

(3) Dans le cadre de cette étude, il n'est malheureusement guère possible de donner un aperçu complet des méthodes de remplissage mises au point jusqu'à présent. Nous renvoyons le lecteur à l'ouvrage de F. Otto.



3. Une toiture suspendue trop légère à simple courbure peut subir des déformations par effet du vent. 4. Dalle de béton reposant sur des câbles porteurs. 5. Esquisse d'un système à câbles porteurs : des poutres travaillant en flexion (2) posées perpendiculairement sur les câbles (1) supportent la toiture. Nœud d'attache (3). 6. Réseau du type précédent suspendu à des points porteurs haubannés. 7. Réseau de couverture pour un hall de forme allongée. 8. Les charges sont transmises aux points de support par des câbles de rive entre lesquels est tendue la nappe. 9. Nappe tendue entre des poutres rigides de rive supportées par des butées massives. 10. Nappe tendue entre poutres de rive, les efforts horizontaux étant annulés par les poutres du long pan.

I. TOIT SUSPENDU A COURBURE UNIQUE

Chaque toit subit des efforts dirigés vers le bas ou vers le haut.

Les plus grandes difficultés proviennent de la succion due au vent. Si celle-ci est supérieure au poids propre du toit, ce dernier peut, dans certains cas, être détruit par sous-pression (fig. 3).

En vue d'éviter ce danger, le toit doit être suffisamment lourd ou suffisamment rigide. Mais. en pratique, ces deux conditions se trouvent souvent remplies à la fois.

a) *Le toit essentiellement lourd :*

Les essais en soufflerie effectués sur différentes formes de toits suspendus ont démontré qu'en Europe, un toit en suspension libre doit peser au moins 80-100 kg/m² pour résister à la succion du vent uniquement par son propre poids.

(Les cyclones et les tourbillons provoquent des dépressions extrêmement fortes pouvant s'élever jusqu'à 300 kg/m².)

La figure 4 représente une dalle de béton courbe, posée sur les câbles. Une épaisseur de 4-5 cm de béton suffit déjà à donner un poids suffisant. Si l'on ne veut pas couler cette dalle sur un coffrage fixe, on peut la réaliser en appliquant du mortier sur un léger treillis métallique tendu entre les câbles. Dans ce cas, le béton léger élastique à base de mica expansé et de ciment, convient tout particulièrement (4).

La figure 5 montre le schéma le plus important dans cette catégorie de toits suspendus : le filet de câbles porteurs (5).

Les poutres rigides posées perpendiculairement aux câbles porteurs répartissent les charges inégales et empêchent ainsi les déformations importantes de la couverture. Les poutres forment en même temps les supports pour un remplissage en forme de dalles et peuvent être composées de bois, d'acier ou de béton armé.

Une nappe de câbles porteurs est suspendue entre des chevalets (fig. 6). Chaque chevalet est constitué par une barre de compression résistant au flambage et par un câble de fixation ancré au sol.

Les bords libres du toit sont particulièrement exposés à la succion extrêmement forte du vent. Ces parties doivent être protégées par un mur écran, par ancrage au sol ou au moyen d'une pièce rigide. Le toit est légèrement incliné latéralement pour permettre l'écoulement des eaux.

L'écartement entre les appuis des toits représenté par les deux esquisses des figures 7 et 8 est plus important. Des « câbles » tendus entre points d'appui reprennent les charges des nappes porteuses.

Des poutres rigides de rives peuvent remplacer ces câbles (fig. 9). Le système peut être étendu aux quatre côtés d'un espace couvert formant cadre rigide. Dans ce cas, les poutres de rive sont épaulées par des poutres latérales qui suivent la courbure du toit et sont étayées (fig. 10).

La photographie (fig. 11) de maquette de la salle des fêtes d'une école berlinoise représente un cadre fermé formé par un arc et une poutre de rive rigide. L'espace a la forme d'un amphithéâtre.

b) *Le toit rigide :*

On peut théoriquement considérer que dans le cas du toit rigide à une seule courbure le poids propre est inutile. Les efforts de sous-pression sont absorbés par la couverture qui travaille alors comme une voûte inversée en s'étayant sur les appuis hauts. Dans ce cas particulier, la couverture du toit suspendu subit alors des efforts de compression et doit, par conséquent, être suffisamment rigide pour ne pas flamber.

Dans la dalle de béton (fig. 4), le béton joue le rôle d'un voile résistant à la compression en particulier si la dalle est précontrainte dans les deux sens. Nous obtenons ainsi le voile en béton suspendu précontraint.

La première réalisation de ce genre est représentée par le schéma (fig. 12). Il s'agit d'une église protestante à Berlin-Zehlendorf. Le toit en béton précontraint est tendu sur deux câbles comme un tapis.

Ce système de couverture a été appliqué à la construction de la « Schwarzwaldhalle » (Hall de la Forêt Noire) à Carlsruhe (6) et lors de la construction du studio de télévision à Sarrebruck (7). Aucun avantage notable n'a été enregistré à notre connaissance dans ce mode de construction par rapport au voile en béton comprimé.

Il est difficile de réaliser des voiles en béton de moins de 60 mm et, dans ce cas, le poids est déjà supérieur à 120 kg/m² et par conséquent plus lourd que nécessaire pour des raisons statiques.

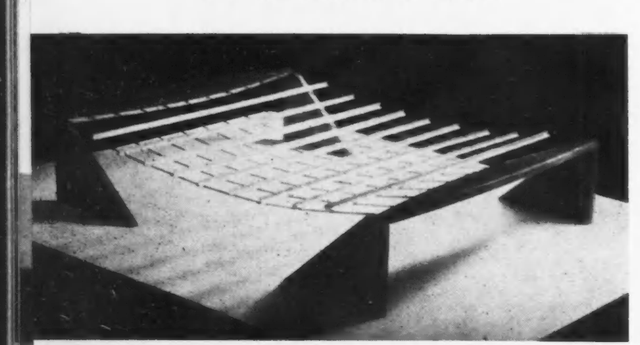
Une meilleure méthode a été employée en Sarre pour la construction d'un gymnase à Saint-Ingbert (8). Un réseau à courbure unique constitué par des fils de béton précontraint pend dans un cadre rigide (fig. 11). Les mailles sont remplies par des caissons de bois formant à la fois l'intrados et la surface de clouage pour le carton bitumé. Les joints qui se trouvent entre les caissons sont remplis de béton qui enrobe ainsi les fils de précontraint passant dans des fourreaux métalliques. Le toit est léger et économique.

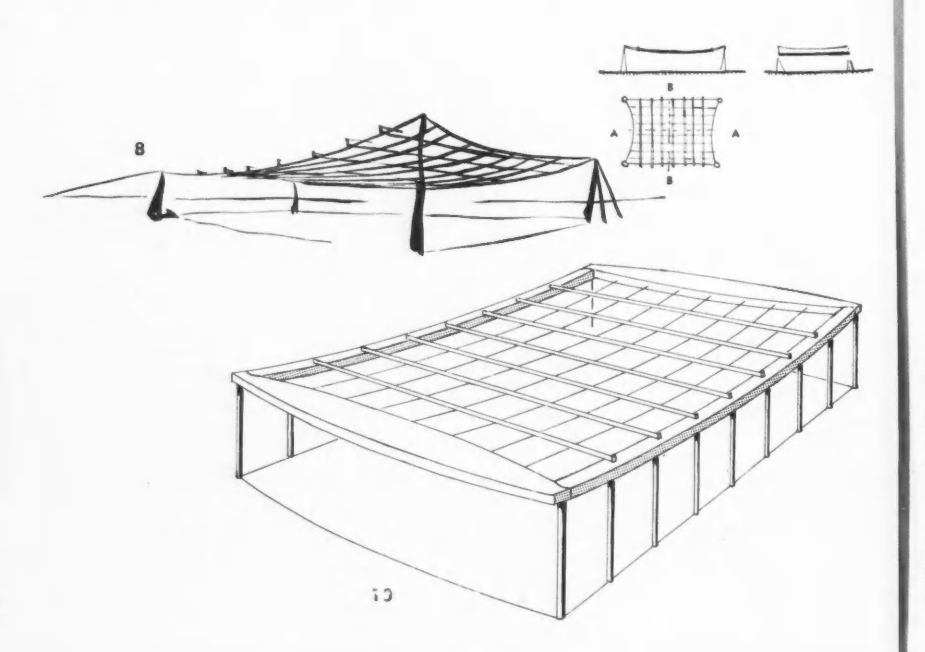
c) *Montage de toits à une seule courbure :*

Du point de vue géométrique, cette couverture peut être « déroulée », ce qui permet un assemblage facile à l'aide de pièces de même grandeur.

A titre d'exemple, on peut citer le petit atelier à Berlin-Steglitz qui sera construit comme une tente (fig. 13).

Les câbles porteurs en acier passent entre deux nappes de planches croisées obliquement et





clouées ensemble. Le toit est entièrement confectionné au sol. Le montage s'effectue en redressant sur leurs fondations les mâts supports. Ce toit extrêmement léger est renforcé contre un effet de soulèvement à l'aide de deux profils métalliques en T légèrement courbés qui seront boulonnés en dessous.

Il s'agit là d'une des méthodes les plus économiques pour la construction de petits hangars et de bungalows.

d) *Domaine d'application :*

Les toits suspendus à une seule courbe doivent être lourds ou rigides et ne s'adaptent que difficilement aux bâtiments transportables. Pour ces mêmes raisons, la portée est réduite. Elle ne pourra guère dépasser 140 m. Mais ce genre de toiture s'avère intéressant pour la construction de hangars moins importants ayant une superficie de l'ordre de 500-1.000 m².

e) *Espace et forme :*

La couverture est surbaissée au centre par rapport à la périphérie ; elle peut facilement donner une impression de lourdeur et de poids.

II. TOIT SUSPENDU A DEUX COURBURES

La figure 14 montre quelques systèmes de base relatifs au toit suspendu à deux courbures.

La couverture est suspendue à un anneau circulaire ou entre plusieurs points. Elle réagit comme une coupole inversée travaillant en traction mais sa résistance au vent est supérieure à celle du toit à une seule courbure.

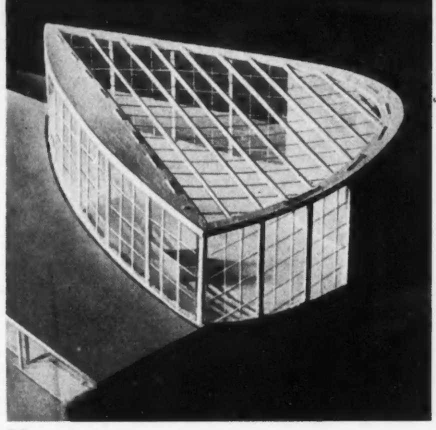
Bernard Laffaille réalisa à Zagreb (9) la première construction de ce genre, qui consistait à suspendre un cône de tôle dans un cercle. L'eau de pluie s'écoule de l'intérieur vers l'extérieur par des chéneaux.

Le problème de l'écoulement des eaux joue un rôle très important dans ce genre de construction s'il n'est pas, de prime abord, destiné à servir de réservoir ou de château d'eau, comme le montre la figure 15.

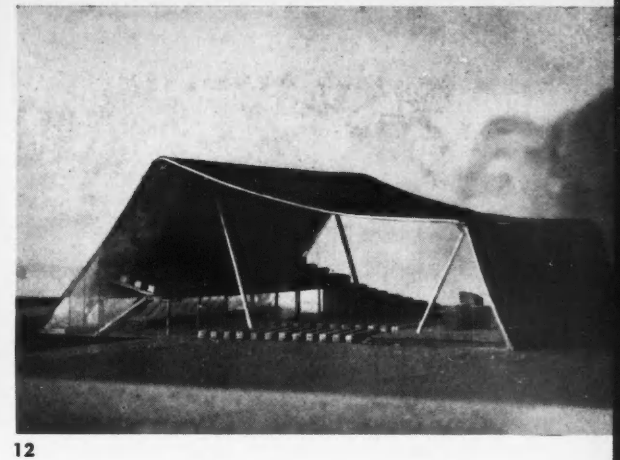
Mais une forte inclinaison offre de nombreuses possibilités.

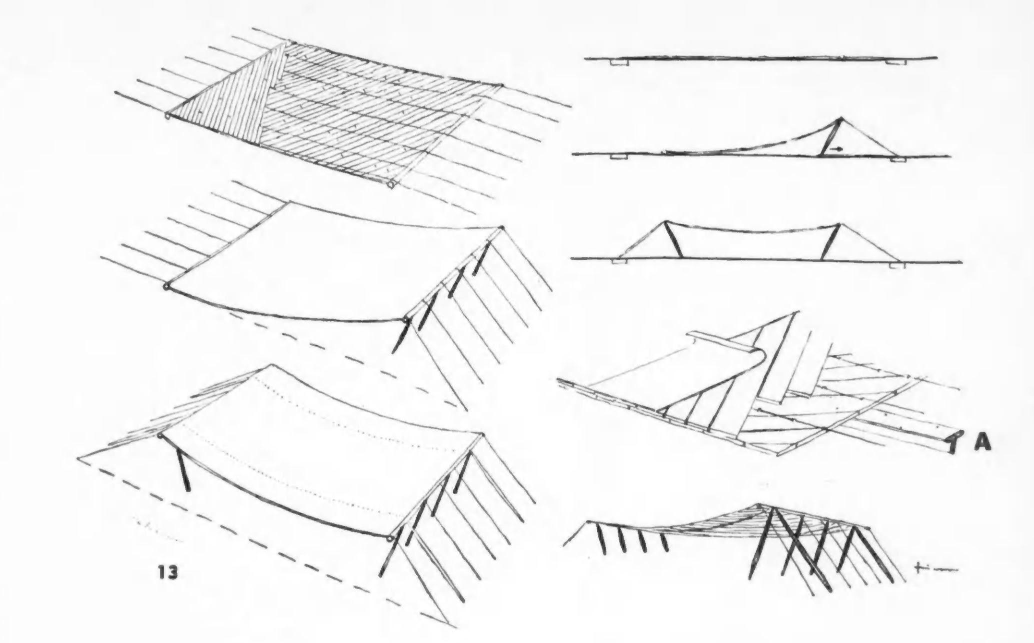
Ainsi le projet de couverture d'un tronc de tour à Berlin (fig. 16) prévoit une couverture en bandes de tôle, suspendue dans un cadre circulaire incliné travaillant en compression. Les bandes de tôle sont recouvertes de dalles de béton ponce, elles-mêmes revêtues d'une couche bitumineuse. L'eau s'écoule latéralement.

Les membranes ultra élastiques font l'objet d'études spéciales sur maquette en vue de déterminer les formes les plus intéressantes de coques concaves soumises à différentes charges (comparer avec fig. 14, centre). Le toit suspendu ici est identique à une coupole inversée sollicitée par des efforts de compression. Certains résultats obtenus à la suite de recherches sont applicables aux constructions en voûtes et coupoles.



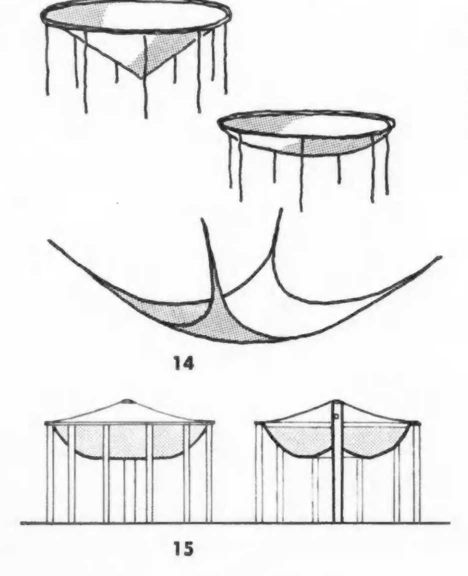
11


12

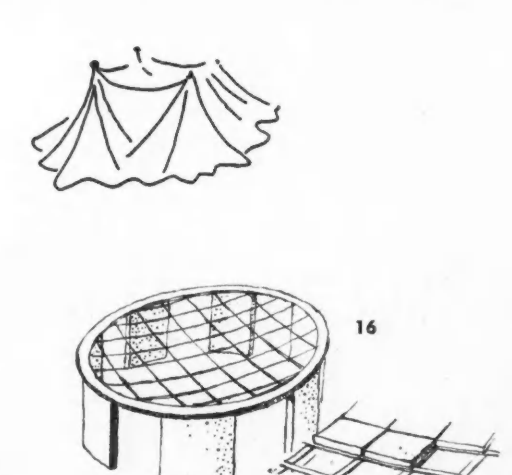


13

11. Projet de couverture pour un auditorium d'école à Berlin. Nappe tendue à l'intérieur d'un cadre formé par un arc et une poutre de rive. 12. Voile précontraint tendu comme un tapis sur deux chevalets. 13. Système de construction et montage d'un petit atelier. La couverture se compose de deux nappes de planches clouées en diagonale entre lesquelles sont emprisonnés les câbles porteurs. Après montage, on obtient un raidissage de l'ensemble par mise en place de deux profils métalliques vissés en sous-face (A).


14

15


16

14. Système de base de toiture suspendue à double courbure. 15. Réservoir d'eau en tôle conçu comme une membrane à double courbure. 16. Couverture sur plan circulaire par un système de ruban métallique et remplissage en dalle b.a. L'anneau est incliné.

(4) Proposition du Dr Léonhardt, Stuttgart.

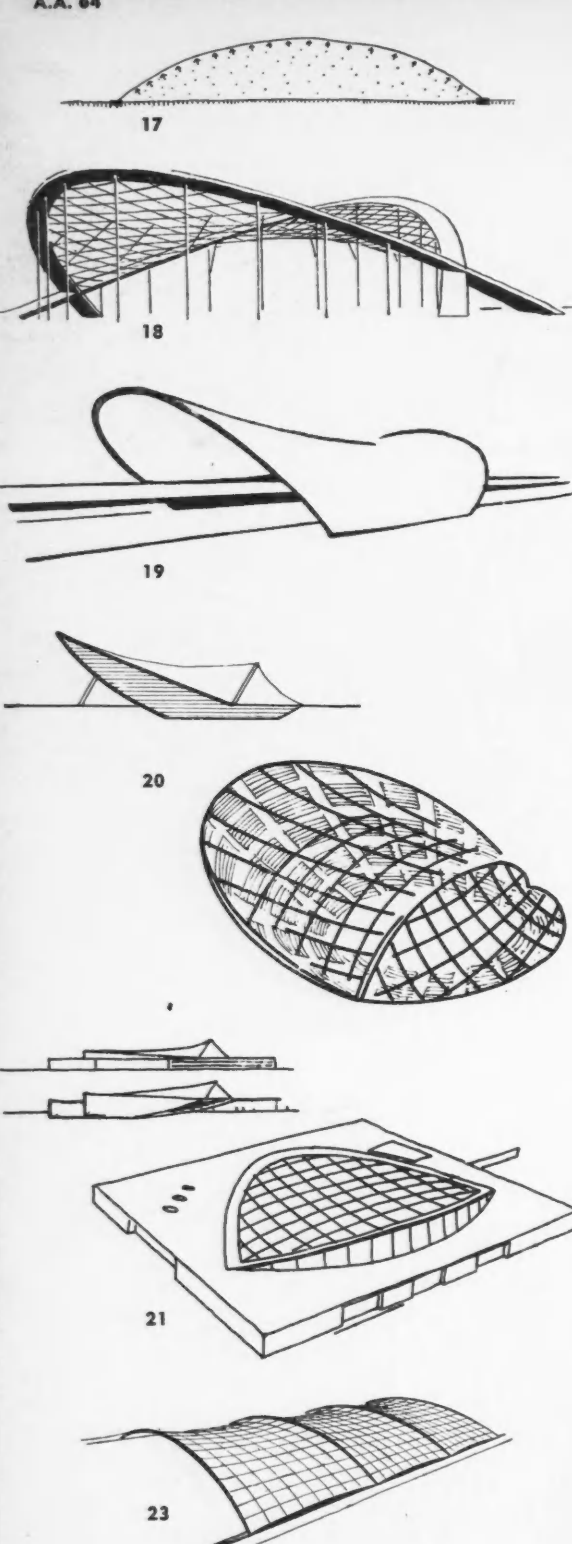
(5) Dans l'exposé qui suit, les résultats de recherches et les projets découlent des travaux entrepris par l'auteur de l'article sauf indication contraire.

(6) Schwarzwaldhalle (Hall de la Forêt Noire) construite en 1944. Architecte : Prof. Schelling ; Ingénieur : Dr Finsterwalder. Voir AA., n° 55, septembre 1954.

(7) Centre Emetteur de Radio Télévision Europe n° 1. J.-F. Guedy, architecte. Voir A.A., n° 58, de février 1955, et p. 66.

(8) Construit en 1954-55 par l'Ingénieur Paul Pabst.

(9) Bernard Laffaille a tout particulièrement consacré ses efforts aux problèmes de construction de membrane fine. Il compte parmi les pionniers du toit suspendu moderne. Ses réalisations et ses projets constituent une source constante d'idées nouvelles (voir p. 16).



Parmi les formes de couverture à deux courbures travaillant en traction, on peut encore citer le « dôme gonflé » (Esquisse du Système, fig. 17).

Une membrane circulaire étanche et solidement ancrée sur la périphérie est gonflée (10). Suivant le poids propre et les surcharges climatiques, la pression nécessaire à l'intérieur (11) varie seulement entre 0,005 et 0,008 kg/cm² maximum. Cette faible pression est suffisante pour donner à la couverture la charge préliminaire nécessaire. La construction ressemble à un ballon gonflé.

Suivant les cas, la pression est produite par insufflation d'air au moyen d'une soufflerie, par interception et introduction de la pression du vent (12) ou par échauffement de l'air intérieur. L'intérieur ne doit être accessible que par une vanne de pression (par ex. simple porte tournante).

Une telle coupole gonflée n'existe que dans la mesure où la pression est maintenue. En dépit de ce gros inconvénient, cette construction a de l'avenir puisqu'elle revient excessivement bon marché. Un jour elle servira peut-être à édifier de vastes serres, des tentes arctiques ou des parapluies protégeant des chantiers de construction. La portée économique est actuellement de l'ordre de 120 m.

III. COUVERTURE PLATE PRECONTRAINTE

Tout cadre plat précontraint appartient à ce système. Mais en dépit de ses nombreuses formes d'emploi, cette couverture se prête très mal à ce genre de construction. Sous l'effort du vent, la couverture est tiraillée dans tous les sens puisqu'elle doit toujours subir des déformations préalables avant de pouvoir résister aux charges.

A quelques exceptions près, nous déconseillons ce mode de couverture.

IV. TOIT SUSPENDU PRECONTRAINT EN FORME DE SELLE

A. Principes de base :

Il s'agit essentiellement d'une « peau » tendue en forme de selle (fig. 2 D).

La précontrainte doit être suffisamment forte pour assurer une parfaite répartition des charges.

Les surcharges verticales (neige et vent) provoquent des « tensions multiples » dans le « sens porteur » de la couverture. (Le sens porteur est le sens dans lequel la couverture est le plus fortement courbée vers le bas).

Les suspensions agissent en général dans le « sens de la tension » et contribuent à augmenter cette tension. (Le sens de tension est le sens dans lequel la courbure est la plus forte vers le haut).

Dans ce cas, il n'existe aucun danger de rupture par soulèvement comme pour le toit suspendu à une seule courbure. Le risque de flottement et d'oscillation subsiste si la couverture est trop peu courbée ou insuffisamment précontrainte.

Si la couverture est bien formée, un poids propre élevé constitue un lest inutile. Seuls des toits particulièrement légers permettent d'obtenir de grandes portées. Il est possible d'envisager aujourd'hui des portées de deux à trois kilomètres !

B. Systèmes.

La courbure tendue en selle est connue depuis fort longtemps dans la construction des tentes, mais n'a été utilisée sciemment que dans très peu de cas.

Lenk et Ehlers (13) proposèrent, en 1934, l'emploi d'une nappe de câbles d'acier du type selle servant de supports pour le coffrage d'un voile comprimé de béton. C'est ainsi que cette idée fut introduite dans les ouvrages d'art. En 1936, Laffaille et Aimond (14) poussèrent plus avant ces théories relatives aux voûtes à deux courbures en compression. En 1951, Laffaille et Zehrfuss publièrent l'avant-projet du Centre des Industries Mécaniques à Paris : une membrane en tôle remarquablement tracée en forme de selle est tenue par deux arcs inclinés.

De leur côté, en 1950, les Américains Nowicki, Severud et Deitrick se mirent à l'étude du problème et réalisèrent en 1953/54 le premier bâtiment important, l'arène de Raleigh en Caroline du Nord (15) (fig. 18).

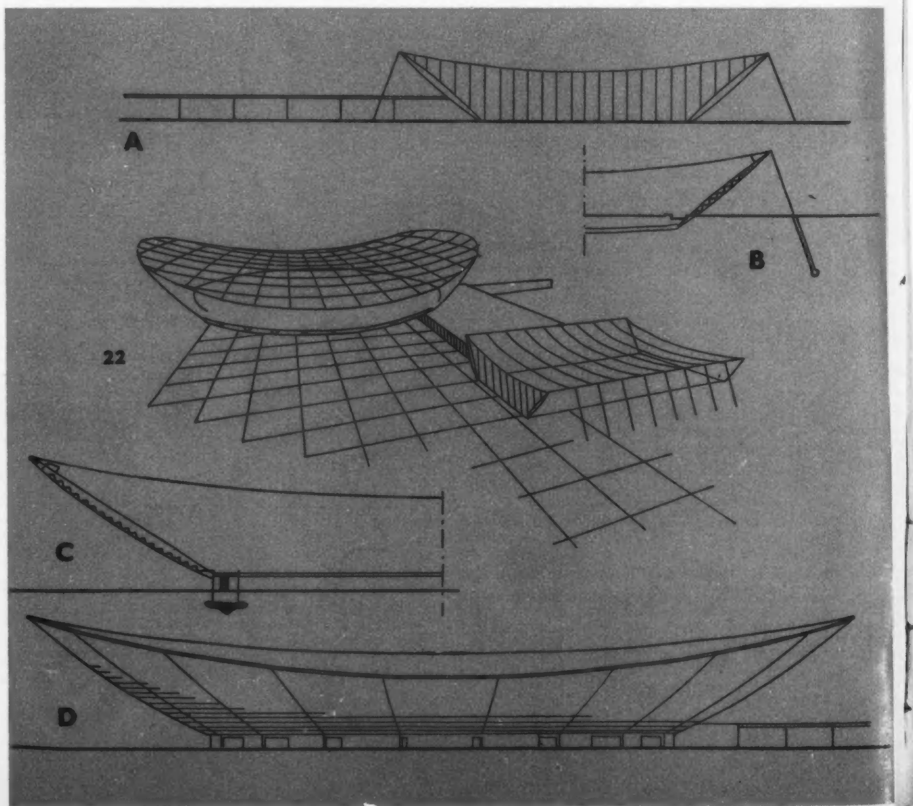
Cette réalisation est aujourd'hui connue dans le monde entier comme un chef-d'œuvre d'architecture.

Dans tous ces projets, le réseau de câbles est fermé et suspendu à un cadre rigide formé par deux arcs inclinés. Ces arcs travaillent en compression concentrée. (On a toujours avantage à grouper les efforts de compression en quelques points seulement, ce qui permet de parer plus facilement aux dangers de flambage).

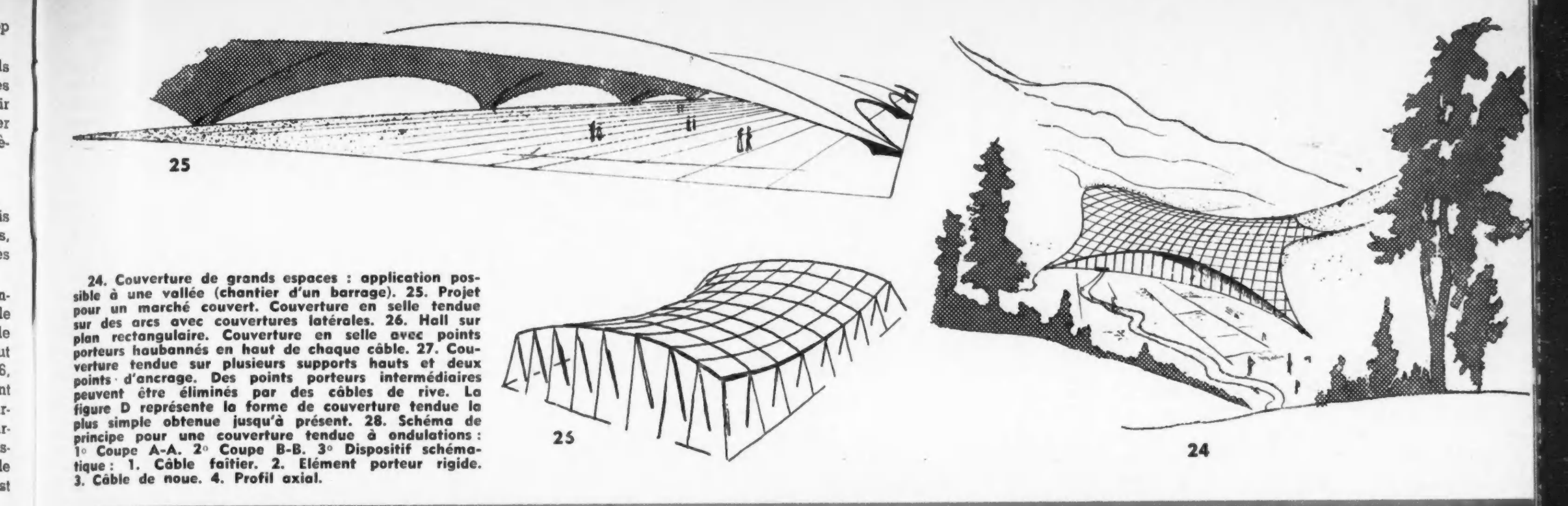
Les figures 19-23 représentent d'autres schémas fondamentaux relatifs aux réseaux fermés.

Le système ouvert fut préconisé dans le projet de construction d'une immense couverture pour une vallée alpestre (fig. 24). Les efforts des câbles ne sont pas dirigés directement vers le sol mais sont transmis par l'intermédiaire de câbles latéraux qui franchissent le mauvais terrain de construction dans le fond de la vallée. Les grands toits suspendus pour marché couvert (fig. 25) sont ouverts sur les côtés et haubannés d'une manière analogue.

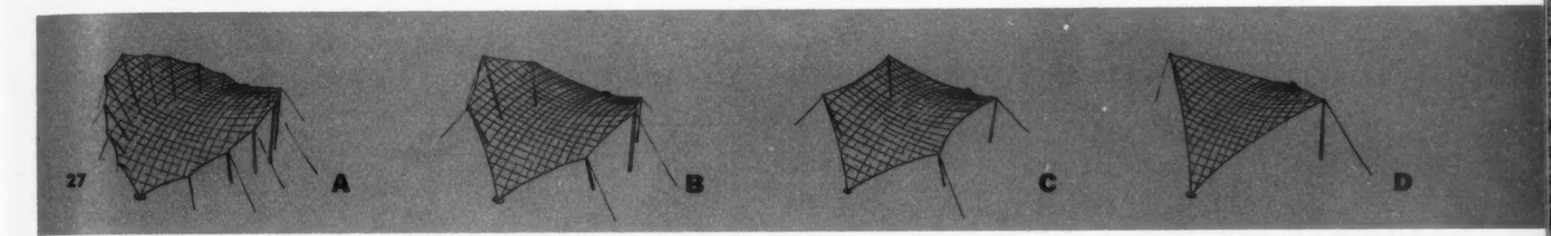
Lorsqu'il s'agit d'un hall rectangulaire, chaque extrémité de tout câble porteur ou d'amarre est munie d'un chevalet. Nous obtenons ainsi un réseau de câbles entre de nombreux points fixes (fig. 26).

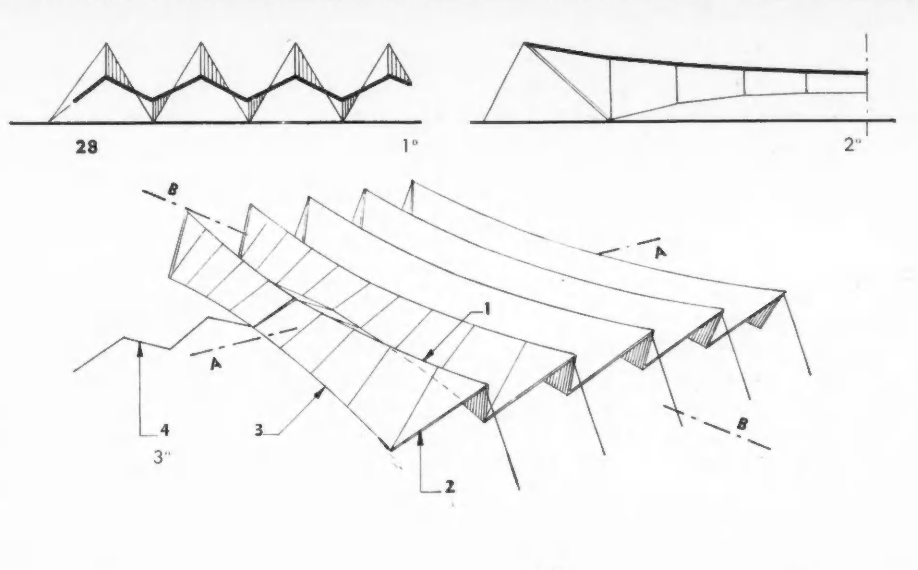


17. Principe d'une couverture du type membrane hémisphérique à sous-pression. La pression atmosphérique à l'intérieur est tenue légèrement au-dessus de l'extérieur, ce qui suffit pour maintenir la forme. 18. Arène de Raleigh construite en 1953-1954 par Nowicki Deitrick et Severud (v. A.A. n° 50-51, décembre 1953). Nappe tendue entre deux arcs inclinés se croisant. 19. Couverture en selle pour une gare. 20. Couverture suspendue pour une salle de spectacle. Anneau périphérique et arc. 21. Projet pour une salle de concert à Berlin 1951-1953. 22. Projet pour une arène de sports. Petite salle : A. Elévation. B. Coupe. Stade : C. Coupe. D. Elévation. Couverture par nappe de câbles et dalles translucides (il est intéressant de comparer ce projet avec ceux des étudiants de l'Université de Raleigh, sous la direction des professeurs E.F. Catalano et R. Le Ricolais, v. A.A. n° 50-51). 23. Couverture de hall industriel 1952. Nappe tendue sur une série d'arcs.



24. Couverture de grands espaces : application possible à une vallée (chantier d'un barrage). 25. Projet pour un marché couvert. Couverture en selle tendue sur des arcs avec couvertures latérales. 26. Hall sur plan rectangulaire. Couverture en selle avec points porteurs haubannés en haut de chaque câble. 27. Couverture tendue sur plusieurs supports hauts et deux points d'ancrage. Des points porteurs intermédiaires peuvent être éliminés par des câbles de rive. La figure D représente la forme de couverture tendue la plus simple obtenue jusqu'à présent. 28. Schéma de principe pour une couverture tendue à ondulations : 1° Coupe A-A. 2° Coupe B-B. 3° Dispositif schématique : 1. Câble faitier. 2. Elément porteur rigide. 3. Câble de noue. 4. Profil axial.





Il est nettement plus facile de diminuer le nombre de chevalets et, dans ce cas, le bord du réseau est formé par un système fermé de câbles tendus (fig. 27).

Il est possible de suspendre un réseau de câbles courbé dans l'espace entre autant de points que l'on veut, mais au moins quatre points fixes non situés dans le même plan sont nécessaires.

La couverture tendue entre quatre points fixes a des applications multiples et constitue en général le toit suspendu le plus simple que l'on puisse obtenir. Tous les efforts de compression sont concentrées en deux points.

Dans ce système, le montage est particulièrement facile. Il est, par exemple, possible d'assembler et de monter un réseau de câbles destiné à des halls d'une superficie de 200 m sur 200 m en l'espace de 24 heures.

Le toit suspendu ondulé représente un type spécial (fig. 28) constitué à partir d'un réseau de câbles, de toiles ou de membranes.

Dans ce type, les câbles porteurs et de précontrainte sont parallèles. Des câbles transversaux en lignes ondulées amènent le raidissement latéral. Les ondulations peuvent être plus ou moins accentuées.

Le toit ondulé a été créé pour couvrir des halls d'une très grande longueur. Les éléments ondulés peuvent être alignés à volonté dans une direction mais aussi refermés en forme de cercle.

On obtient ainsi une forme d'étoile (fig. 30) ou une section d'un segment circulaire comme le montre la figure 31.

(10) Le principe de gonflement de membranes en caoutchouc servant de coffrage pour des voûtes ou coupoles en béton est connu depuis longtemps. Le Dr Ing. Heinz Graudenz a mis au point une couverture gonflable. Brevet D.B. 809252 (v. aussi p. 40).

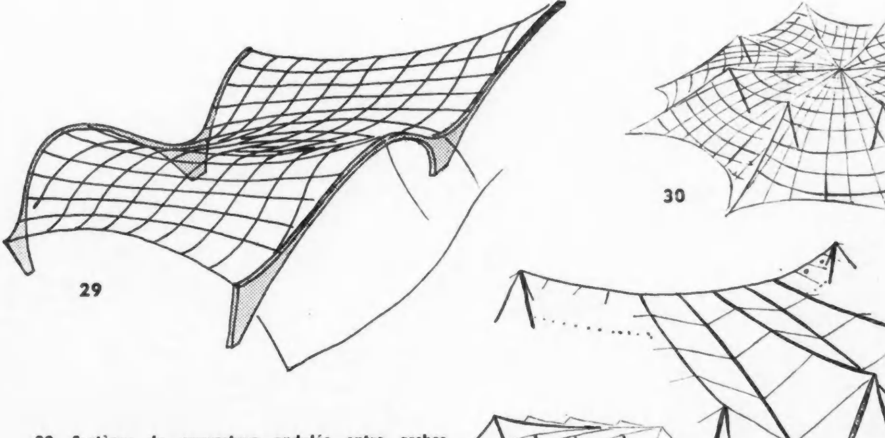
(11) Selon des méthodes de calcul approximatif.

(12) Pour une coupole de faible bombement, une pression de vent supérieure à 5 m./sec. est suffisante pour maintenir la forme.

(13) D.R.P., n° 631553 du 27-2-1934.

(14) Bernard Laffaille effectua, en 1936, des essais sur des arcs en tôle à deux pentes tandis que le Dr F. Aimond, Paris, écrivit un traité fondamental intitulé « Etude statique des voiles minces en paraboloïde hyperbolique travaillant sans flexion » (voir page 16).

(15) Voir A.A., n° 50-51, décembre 1953.



29. Système de couverture ondulée entre arches parallèles. 30. Application du système ondulé en étoile sur plan circulaire. 31. Même principe que précédemment sur plan annulaire. Le côté intérieur pouvant être réalisé avec de grandes ouvertures par écartement des points d'appui et câbles de rive. Application à des hangars d'aviation.

32. Tente circulaire avec réseau radial. 33. Projet pour une serre économique réalisable par tension d'une membrane élastique (plastique) au-dessus d'une dénivellation de terrain. La mise en place de supports à tête arrondie donne la forme en selle statiquement satisfaisante et l'écoulement des eaux. A. Coupe. B. Détail de rive. C. Construction après achèvement. 34. et 35. Maquettes d'étude de membranes élastiques tendues sur des supports sur plan circulaire ou rectangulaire.

32

A

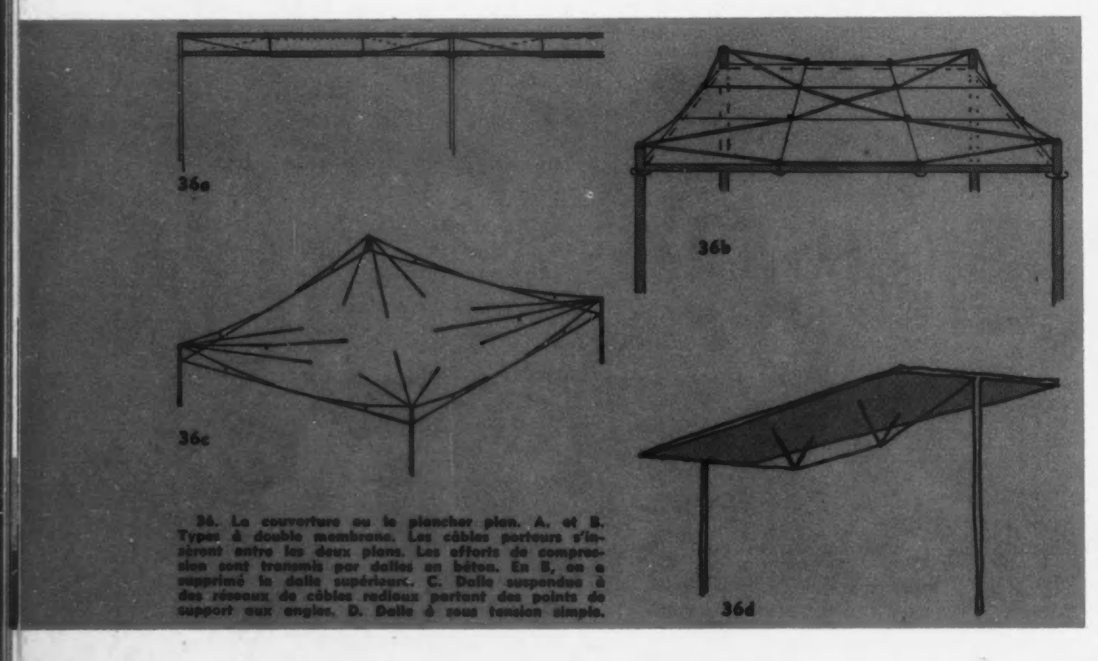
B

C

33

34

35



36. La couverture ou le plancher plan. A. et B. Types à double membrane. Les câbles porteurs s'insèrent entre les deux plans. Les efforts de compression sont transmis par dalles en béton. En B, on a supprimé la dalle supérieure. C. Dalle suspendue à des réseaux de câbles radiaux portant des points de support aux angles. D. Dalle à sous tension simple.

Bien que cette construction soit très récente, elle est actuellement déjà beaucoup employée dans la réalisation de tentes.

La plus ancienne forme de couverture à deux courbures que nous connaissons est appliquée dans la tente à poteau central de support. Il s'agit là d'une forme de grande beauté et sobriété. Malheureusement, elle n'est que rarement bien exécutée.

La figure 32 représente le modèle d'un réseau de câbles et la figure 33 le changement d'une membrane à l'origine plane et élastique en une forme spatiale par étaiement de certains points. Les tensions sont concentrées aux points d'appui. Les formes et les contraintes sont étudiées sur maquette (fig. 34 et 35).

C. *Forme et espace.*

Comme le montrent les quelques esquisses représentées ici, la gamme des formes à donner aux couvertures à deux courbures est extrêmement vaste.

On peut presque dire qu'il existe une forme de toit pour chaque plan. Néanmoins, plan, forme de l'espace et construction doivent être conjugués pour obtenir une composition plastique de la plus grande simplicité.

TOIT ET COUVERTURE EN SUSPENSION PLANE

Ces systèmes ne représentent pas à vrai dire le toit suspendu mais s'en rapprochent néanmoins beaucoup et s'y rapportent à l'origine. Il est impossible de réaliser des couvertures tendues dans un même plan. Les câbles doivent avoir une courbure. Lorsque les portées sont réduites, les courbures de câbles peuvent être placées dans le plan de la couverture. L'action du poids propre compense les fortes poussées dirigées vers le haut, dans les autres cas il faut tendre des fils de contreventement courbés vers le haut. (Ligne pointillée figure 36 A).

Il est également possible de suspendre le toit à un système de câbles pour que les efforts de compression qui en résultent soient amortis par la dalle de couverture (fig. 36 C).

Le système de la figure 36 D rappelle la poutre sous-tendue.

Les toits et couvertures ainsi tendus présentent une structure analogue à celle des systèmes de poutraison connus jusqu'ici. L'avantage essentiel réside dans le montage simple lié à l'emploi de fils d'acier de haute qualité.

CONCLUSIONS

Le toit suspendu résout le problème de la pesanteur et offre des possibilités d'adaptation plastique.

Il ouvre des voies nouvelles à la construction depuis les petites maisons jusqu'aux enveloppes géantes de villes.

La nouvelle idée de l'espace, dans ses tentatives d'application, est empreinte de l'idéal de construction abstraite qui seule, de par son influence, répond aux tâches techniques du Bâtiment. Ceci nous permet de nous consacrer aux vraies tâches non techniques de notre architecture.

Ces nouvelles possibilités de construction, même si le toit suspendu paraît surprenant, ne constituent nullement une découverte sensationnelle dans le domaine de la technique ou de l'architecture, mais représente plutôt un premier résultat encore imparfait dans la recherche des formes pures.

Les projets de toits suspendus ne peuvent pas être établis librement comme ceux des autres bâtiments. Ils sont soumis à leurs propres lois.

Ils laissent entrevoir une beauté étrange qui se rapproche peut-être du voile élastique de la toile d'araignée.

Mais il reste encore beaucoup à faire dans le domaine de la recherche, de l'analyse et de l'étude.

F. OTTO.

→

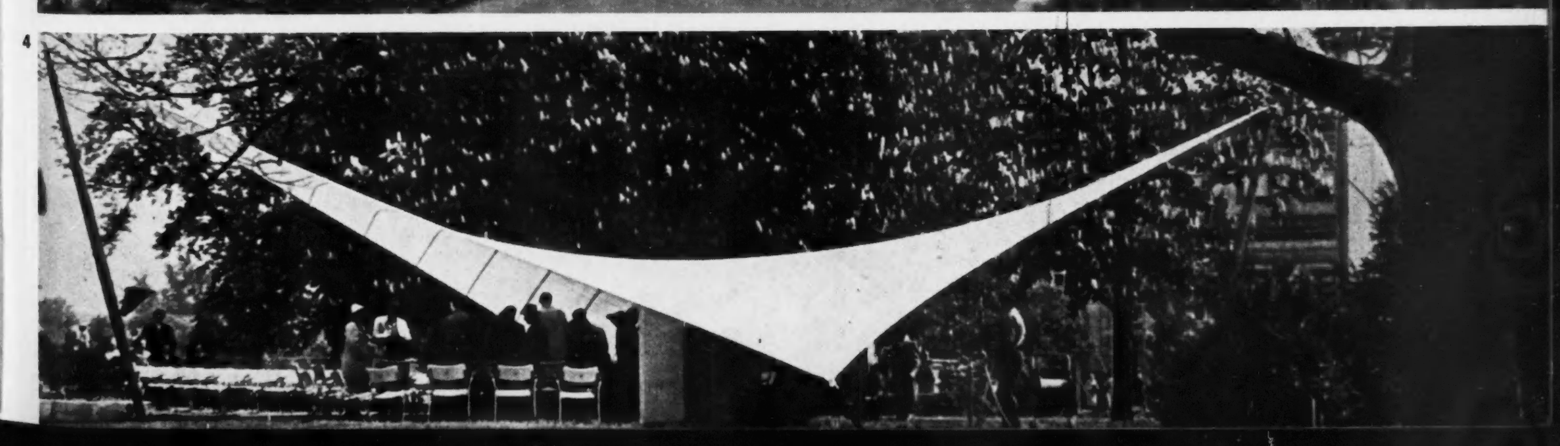
1. Hall d'exposition, Copenhague. 26 × 54 m. Construction Stromeyer. 2 et 3. Exposition Horticole de Cassel 1955. Pavillon sur une hauteur d'où l'on peut dominer l'exposition. 4. Exposition Horticole à Cassel 1955. Pavillon de musique : toile de forme carrée tendue sur deux mâts haubannés. Le tissu a une résistance de 5 000 kg/m. Base de calcul pour la résistance au vent : 80 kg/m² en succion. Ancrages calculés pour 22 tonnes en tension.

1

2

3

4



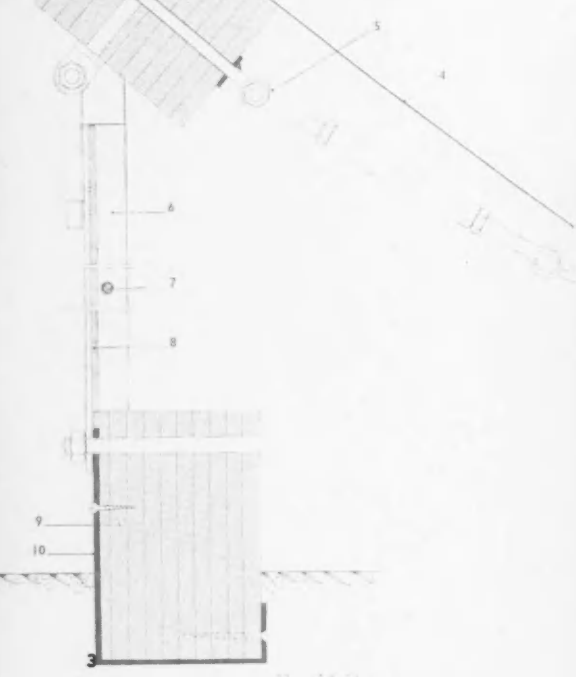
PAVILLON D'EXPOSITION, HALSINGBORG

BERTIL ZEINETZ, ARCHITECTE

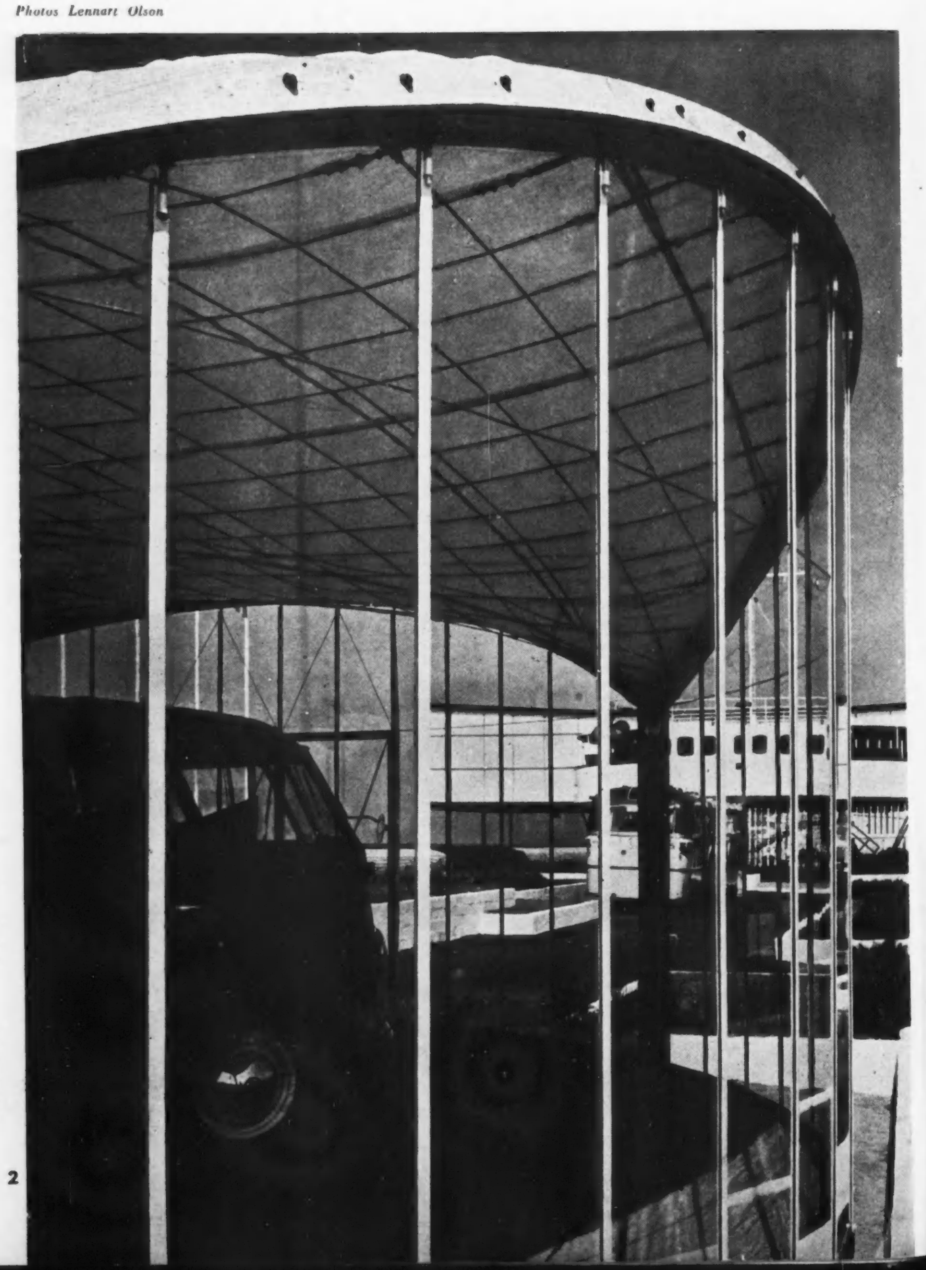
1



Photos Lennart Olson



3



2

Ce pavillon sur plan circulaire réalisé à l'exposition d'Hälsinborg est conçu selon le principe du toit suspendu comportant une nappe de câbles tendus entre des arcs de rive, la tension de la toiture, dite « élastique » étant annulée sur les arcs par des tendeurs périmétriques.

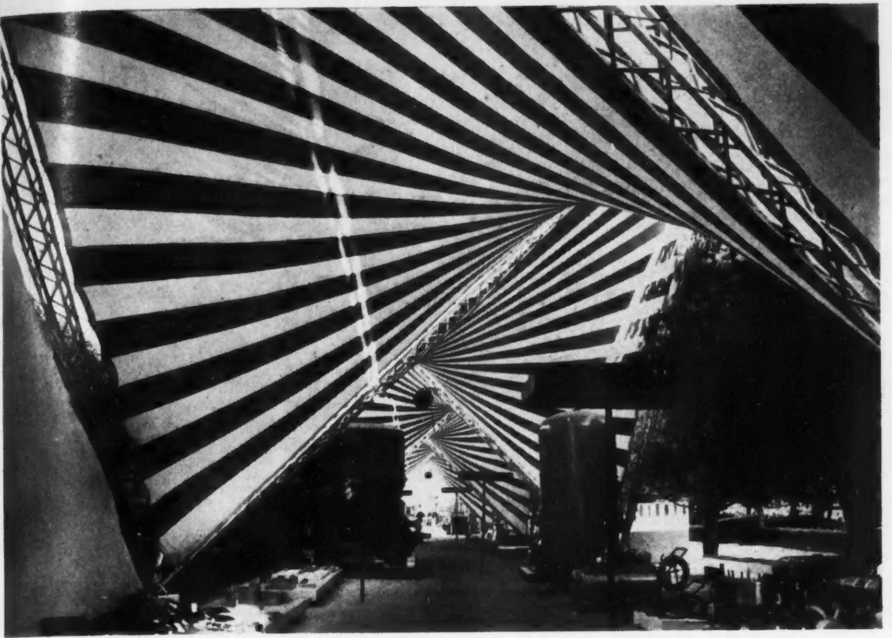
Le pavillon comportait trois points d'appui métalliques, des arcs en bois lamelé de forme elliptique et une toiture en toile imperméabilisée.

Le système, breveté, donnerait la possibilité de couvrir des espaces pouvant aller jusqu'à 300 m. de diamètre, le nombre d'appuis étant variable (trois au minimum).

1. Vue d'ensemble. 2. Détail montrant la nappe de câbles en tension et les poteaux de soutien. 3. Coupe : 1. **Arc en bois lamelé collé.** 2. **Boulon de fixation de tirant.** 3. **Liteau de fixation de la toile.** 4. **Toile spéciale imprégnée.** 5. **Tendeur des câbles.** 6. **Profil métallique formant tirant.** 7. **Passage de fil de fer.** 8. **Vitrage.** 9. **Semelle en bois lamelé collé.** 10. **Fer plat de fixation des tirants.**

STAND POLONAIS A LA FOIRE INTERNATIONALE D'IZMIR 1955

HANSEN ET L. TOMASZEWSKI, ARCHITECTES

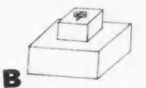


1

Photo Alimurus



A



B

C

D

E

F

On a utilisé pour ce pavillon d'exposition des paraboloïdes hyperboliques au moyen de toiles de tente tendues sur des supports métalliques de 12 m. de long, système permettant la couverture d'une surface quelconque sur une trame carrée. On peut comparer ce pavillon avec les voiles réalisés par Frei Otto (voir p. 63).

1. Vue intérieure. 2. Un élément en cours de montage.

ELEMENTS DE BASE :
A. Toile de tente. B. Dé de fondation. C. Fuseau métallique de 12 m. D. Couverture sur plan carré. E. Développement du système dans une seule direction. F. Possibilité de couverture de grandes surfaces dans les deux directions.

2



1





Photo A. Delcourt

2

L'émetteur de radio-télévision Europe n° I a été réalisé sur un principe de toiture suspendue dont l'étude technique de structure est donnée dans les pages suivantes.

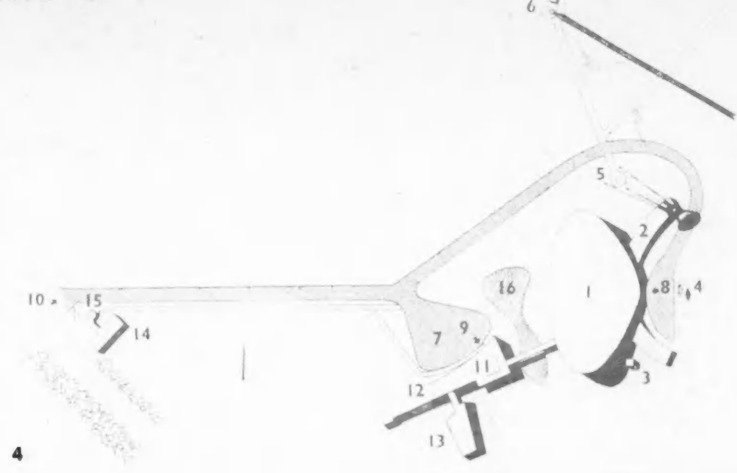
Rappelons (1) que ce bâtiment de forme elliptique a été implanté au centre d'un terrain de 50 ha. Il abrite les équipements et services techniques nécessaires à une semblable station. En outre, deux polygones antennes de 300 m de hauteur munis d'ascenseur, une tour de télévision de 60 m de haut supportant les appareils de relais hertzien et un bâtiment de réception abritant le logement du chef de centre et une conciergerie-contrôle, complètent l'ensemble.

Une pièce d'eau, de forme libre, s'étend au pied du bâtiment principal et est utilisée comme antenne fictive et réfrigérateur pour les appareils d'émission.

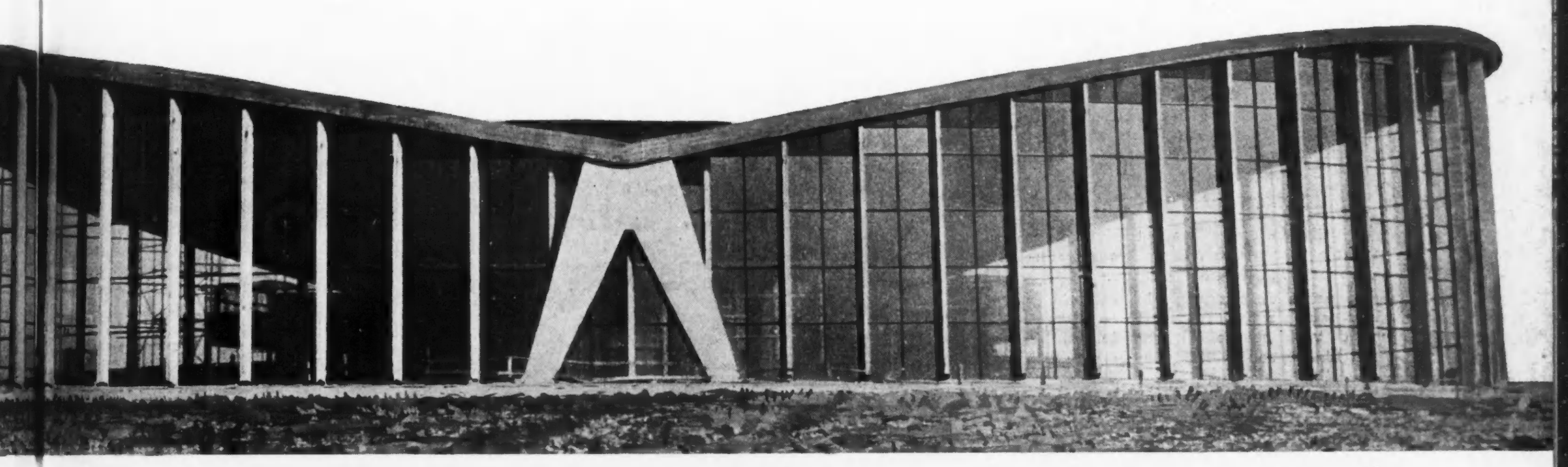
(1) Voir A.A. n° 58, p. 9.

CENTRE ÉMETTEUR DE RADIO-TÉLÉVISION EUROPE N° 1

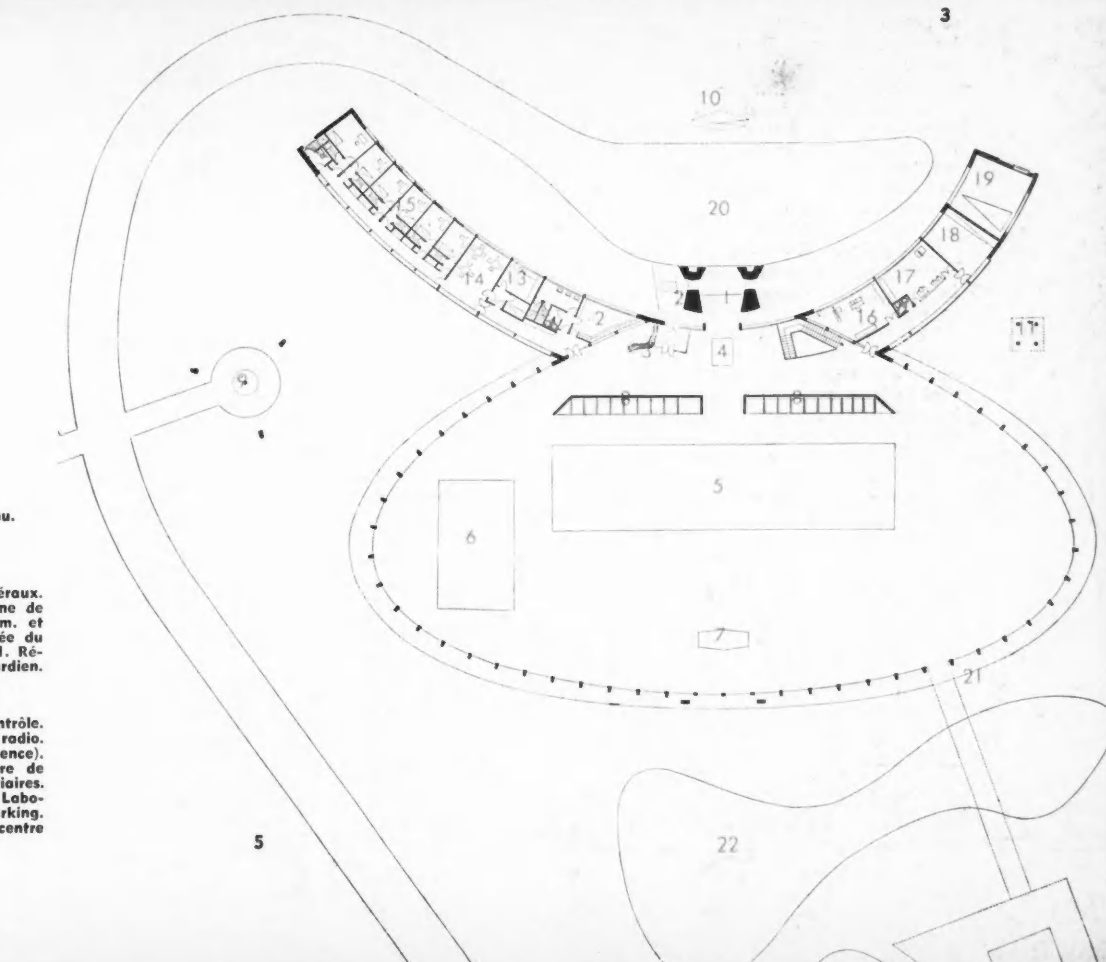
J.-F. GUEDY, ARCHITECTE. A. NEJAVITS-MÉRY, ARCHITECTE-COLLABORATEUR



4



3



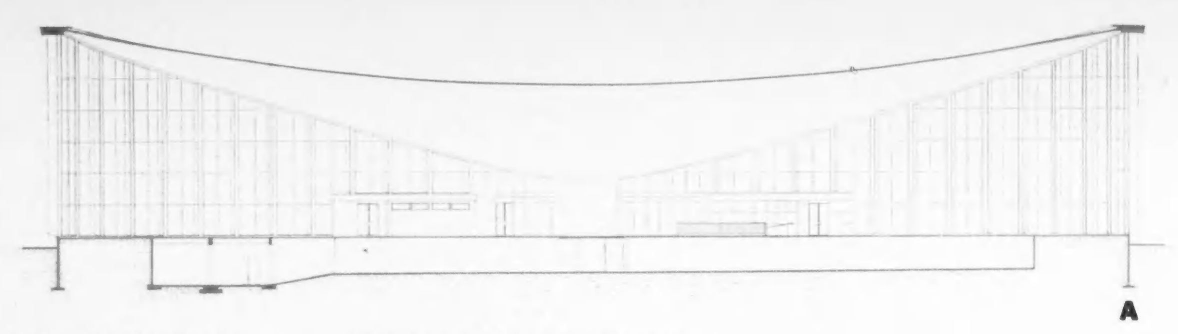
5

1. Détail de la façade donnant sur la pièce d'eau.
2. Vue intérieure du bâtiment.
3. Vue de la façade principale.
4. PLAN-MASSE :

1. Hall du centre émetteur. 2. Services généraux. 3. Condenseurs. 4. Départ des feeders. 5. Antenne de télévision relais hertziens. 6. Antenne de 300 m. et cabine. 7. Parking. 8. Entrée de service. 9. Entrée du public et des studios. 10. Entrée de la station. 11. Réception. 12. Studios. 13. Logements. 14. Gardien. 15. Kiosque. 16. Pièce d'eau.

5. PLAN D'ENSEMBLE :

1. Entrée de service. 2. Entrée personnel. 3. Contrôle. 4. Trappe d'accès au sous-sol. 5. Emetteurs radio. 6. Emetteurs de télévision. 7. Pupitre (basse fréquence). 8. Haute tension. 9. Tour télévision. 10. Centre de départ feeders. 11. Condenseurs. 12. Vestiaires. 13. Cuisine. 14. Repas. 15. Permanence nuit. 16. Laboratoire. 17. Atelier. 18. Réserve. 19. Garde. 20. Parking. 21. Passerelle conduisant de la réception au centre émetteur. 22. Pièce d'eau.



CENTRE EMETTEUR EUROPE N° 1 - CONCEPTION DE LA STRUCTURE

La particularité la plus remarquable de ce bâtiment, qui couvre une surface ovale de 83 × 45 m. sans aucun appui intermédiaire, est la couverture autoportante en béton précontraint. Pour la réalisation de la précontrainte, on a fait appel à la S.T.U.P. (procédés Freyssinet). En cours de travaux, la mission de la S.T.U.P. fut considérablement élargie et il fut demandé à MM. Freyssinet et Guyon d'agir comme ingénieurs-conseils. Il ne sera fait mention, dans l'exposé technique ci-après, que de la phase qui a suivi l'intervention personnelle de ces ingénieurs auxquels s'étaient joints, sur le chantier, les ingénieurs Claudot et Simon, de la S.T.U.P.

PRINCIPE DE LA TOITURE

Le voile de couverture est engendré par une parabole tangente à deux plans PP' formant un dièdre dont l'intersection est AA'.

Les points de contact de la parabole avec ces plans sont les points B et B'. Le point B décrit une certaine courbe (C) dans le plan P, et le point B' une courbe (C') dans le plan P' (fig. 1).

Ces courbes sont définies par la condition qu'elles soient funiculaires des tractions des paraboles.

On vérifie facilement que les courbes C et C' sont des sinusoïdes (1). La forme de la toiture se trouve entièrement déterminée si l'on se donne les longueurs des deux axes et l'inclinaison des deux plans.

On vérifie également facilement que la forme de la section transversale, DMD' sur le petit axe, se déduit de la forme des courbes C et C'; l'ordonnée IM de cette section transversale est proportionnelle à l'ordonnée IB' de la courbe d'attache. C'est donc encore une sinusoïde dont la flèche, dans le cas d'Europe n° 1, est égale à 1/10 de la flèche de la courbe C.

Il en résulte une surface à courbures inverses : concaves suivant les sections longitudinales (c'est-à-dire dans les plans verticaux des paraboles), convexes suivant les sections transversales.

Du fait que la ligne de pourtour est un funiculaire des efforts qui s'exerçent sur elle, on peut transporter sans flexion, à l'aide d'une ceinture dont la ligne moyenne coïncide avec cette ligne, les efforts de traction du voile aux points D et D', extrémités du petit axe.

En plaçant des poteaux en D et D' on peut donc supporter tout le poids de la toiture et les surcharges en ces deux points d'appui seulement.

En fait, on doit remplacer les appuis ponctuels DD' par des appuis organisés pour pouvoir résister aux efforts dissymétriques et au vent.

On a donc séparé l'appui D en deux appuis D1 et D2 espacés de 4,80 m et capables de supporter les efforts verticaux et la totalité des efforts horizontaux du vent lorsque celui-ci souffle dans la direction du petit axe.

On a d'autre part organisé l'appui D' comme une bielle pouvant pivoter autour de sa base d d', pour ne pas gêner les dilatations, et pouvant résister dans son plan à des efforts horizontaux lorsque le vent souffle dans la direction du grand axe (fig. 2).

Pour un vent de ce sens, les réactions au vent sont donc formées par les trois appuis D1, D2, D' (ou plus exactement moitié par moitié en D1 et D2 de la figure 2). Des poteaux métalliques articulés à leur base supportent le poids propre de la ceinture et permettent la fixation des vitrages.

L'architecte, ayant jugé inesthétiques les deux points anguleux DD', a demandé aux ingénieurs de modifier le point D' par un arc de raccordement EFE' (fig. 3).

Il en résultait que la ceinture n'était plus funiculaire des tractions de la toiture. Pour ramener la ligne de pression en coïncidence avec la ligne moyenne de la ceinture, on était ainsi obligé d'exercer des efforts additionnels. Ils ont été créés par des tirants rayonnants, s'attachant en D et exerçant des tractions sur l'arc EFE' Bien entendu, la forme EFE' impose la grandeur des efforts dans les tirants.

DIMENSIONS GENERALES

Le grand axe de la toiture a 83 m, le petit axe 45 m.

L'inclinaison des plans P sur l'horizontale est de 21 % ; on a donné à l'intersection AA' des deux plans une pente de 13 % ; le point D' est à 9,50 m, les appuis D1 D2 à 3,50 m au-dessus du radier.

La flèche de la parabole suivant grand axe est de 4,30 m environ ; la flèche de la section transversale est de 2,30 m environ.

La toiture proprement dite est constituée par un voile de 5 cm d'épaisseur muni de nervures inférieures de 3,5 cm de hauteur. Une sous-toiture en héraclite, de 8 cm d'épaisseur, attachée à la toiture par des tortillons et pointes galvanisées, a constitué le coffrage ; des plaques d'héraclite de 3,5 cm posées sur cette première couche, ont constitué le coffrage des nervures (fig. 4).

Dans chaque nervure est placé un câble de précontrainte. Le voile est en outre armé par un quadrillage en acier doux.

La ceinture a une section approximativement rectangulaire variable, avec un minimum de 1 m² aux extrémités du grand axe et un maximum de 2,60 m² (1,15 m de hauteur sur 2,30 m de largeur) au-dessus des appuis D1 et D2.

Les poteaux métalliques écartés de 3,40 m d'axe en axe sont en tôle soudée de 4 mm d'épaisseur ; leur section transversale est de 0,70 sur 0,40 m. Ils sont articulés à leur base et ont été remplis de béton.

Le bâtiment comporte un sous-sol ; des murettes de soutènement, fondées entre 3 et 6 m au-dessous du radier suivant le niveau du bon terrain, entourent le sous-sol ; elles sont raidies par des consoles au droit de chaque poteau métallique.

PRECONTRAINTE

Le voile est, comme nous l'avons dit, muni de câbles le long des paraboles tendues.

Si les câbles étaient tendus avec un effort strictement suffisant pour équilibrer le poids propre, la toiture serait simplement suspendue par ces câbles, et la contrainte serait nulle le long de ces paraboles, la compression créée par le câble étant équilibrée par la traction due au poids propre.

Toute compression supplémentaire exercée par les câbles précontraint la toiture qui se trouve ainsi apte à supporter une surcharge telle que la tension engendrée par cette surcharge soit égale à la compression supplémentaire exercée.

La mise en traction des câbles, qui s'est opérée suivant un programme réglé minutieusement à l'avance, a donc eu pour effet de soulager progressivement le coffrage, le décintrement étant effectif lorsque les deux tiers environ des câbles furent tendus. Le dernier tiers des câbles a permis d'exercer une compression rendant la toiture apte à supporter les surcharges de neige et de vent.

Naturellement il était nécessaire, en même temps qu'on tendait les câbles, de tendre les tirants reliant les appuis principaux (D1 et D2) à l'arc EFE' de la figure 3. Car, sans cette simultanéité de manœuvre, la ceinture ne serait pas funiculaire des efforts de traction qu'on lui impose. Comme elle n'est pas capable de supporter des flexions importantes, elle devrait tirer sur le voile dans le sens transversal jusqu'à ce que ces tractions ramènent la ligne de pression à coïncider avec la ligne moyenne de la ceinture. Ces tractions étant très importantes, on aurait risqué des désordres, sans la simultanéité de tension des tirants et des câbles.

L'opération de décintrement, qui a duré quatre jours, a été menée en conséquence, en augmentant progressivement la tension des tirants de façon à équilibrer constamment les tractions correspondant à la fraction des câbles déjà mis en traction.

L'opération s'est parfaitement effectuée et la toiture s'est trouvée suspendue, et le coffrage soulagé complètement, lorsque l'effort de traction totalisé des câbles avait atteint la valeur qu'on avait estimée (deux tiers de la traction totale environ).

L'effort de traction total exercé par les câbles (116 câbles en fils de 5 mm, la plupart de 12 fils, sauf vers les extrémités du petit axe où quelques câbles n'étaient constitués que par 4 ou 2 fils) a été ainsi d'un peu moins de 2.000 tonnes.

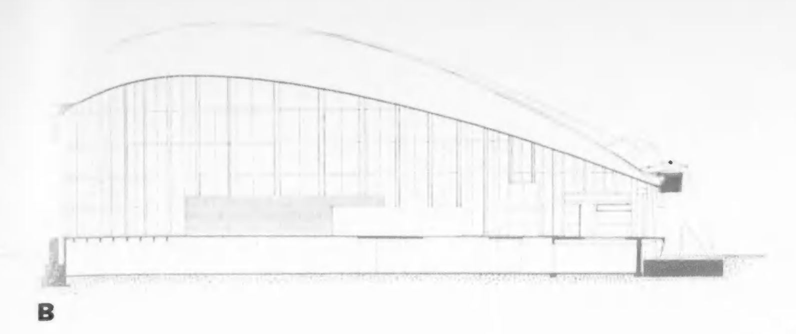
Les tirants sont au nombre de six : trois issus de D1, trois issus de D2, et d'une longueur approximative de 50 m. Ils sont constitués par des fils parallèles de 5 mm (de 120 à 320 fils suivant les tirants) et mis en tension à l'aide de vérins plats à leur extrémité côté ceinture. On a créé par leur intermédiaire un effort total d'un peu moins de 1.000 tonnes.

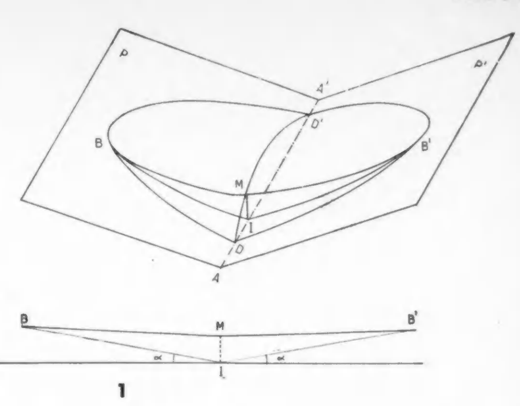
Des appareils de mesure permettaient de contrôler les déplacements des extrémités des axes, les pressions dans les vérins de mise en tension des tirants et des câbles, les allongements de ces tirants et de ces câbles, de façon à être en mesure de connaître avec précision à chaque phase du décintrement les efforts et déformations créés.

On a, après décintrement, laissé quelque temps en place les appareils de contrôle des déplacements.

Ces déplacements suivaient exactement les variations de température avec un décalage variant de 0 à 1 heure, et avaient une amplitude de l'ordre de 1,5 cm pour le petit axe pour une variation de température de l'ordre de 20°.

(1) $y = a \sin \frac{\pi x}{b}$ en appelant 2_a et 2_b les grandeurs des axes de la toiture et x l'abcisse par rapport à l'extrémité D.


B



LA TOUR D'EMISSION

La tour d'émission de télévision, dont la conception est due aux architectes, est située à 10 mètres du bâtiment du hall d'émission et comprend une plate-forme de béton armé à 35 mètres du sol, sur laquelle se trouve la cabine d'émetteur des ondes hertziennes et le pylône d'émetteur. Le point le plus haut du pylône se situe ainsi à 47 mètres environ par rapport au niveau du sol.

Cette plate-forme de béton armé repose en trois points sur un tripode renversé de 9 mètres de hauteur qui lui-même est soudé par son sommet à celui d'un second tripode mesurant 29 mètres de hauteur. Un anneau circulaire assurera la liaison des deux tripodes en laissant à son centre le passage de l'escalier en colimaçon. La plate-forme est de forme ovale.

L'étude de béton armé de la tour de télévision a été exécutée par M. Ou Tseng, ingénieur.

1° *La plate-forme.*

Dalle de béton reposant sur poutres disposées en triangle avec tronçons en porte-à-faux dépassant 6 mètres. Ces poutres prennent appui en articulations sur le tripode supérieur.

La plateforme a été calculée pour pouvoir supporter, outres les charges permanentes et surcharges climatiques, des surcharges concentrées des installations pouvant être situées à un point quelconque de la cabine d'émission.

2° *Le tripode supérieur.*

Les trois branches du tripode supérieur sont encastrées à celles du tripode inférieur au niveau de l'anneau. Ce dernier, réalisant une liaison parfaite des deux tronçons par les trois branches, travaille uniquement aux cisaillements dus à la dissymétrie des charges et aux effets de l'action du vent.

3° *Le tripode inférieur.*

Chacune des trois branches du tripode inférieur est calculée pour résister à la flexion composée résultant :

- du moment d'encastrement des branches du tripode supérieur ;
- du moment de flexion dû à l'excentricité du poids mort ;
- du moment de flexion dû aux efforts du vent agissant séparément sur chaque élément ;
- de la compression des efforts de gravité ;
- de la compression ou traction par suite de l'action du vent sur la tour.

Ces branches sont articulées sur le socle de la fondation.

4° *Fondation.*

La fondation comprend trois grandes poutres disposées en triangle et recevant le tripode inférieur, qui permettent d'équilibrer le renversement sous l'action du vent.

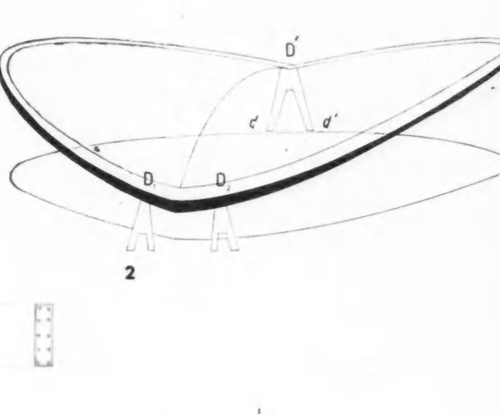
Une dalle et des poutres secondaires disposées elles-mêmes aussi en triangle dans l'intérieur du premier, forment la fondation de l'escalier en colimaçon central.

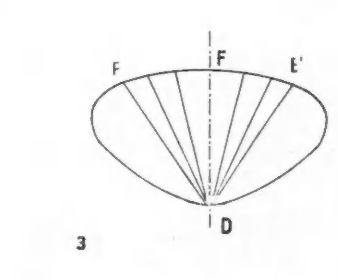
5° *Escalier colimaçon.*

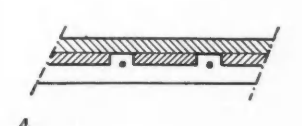
L'escalier en colimaçon est constitué d'un noyau central formé d'un tuyau métallique de 40 cm de diamètre extérieur. Les marches, en tôle striée, sont fixées par boulons sur des ailettes en consoles soudées sur le noyau central. Ce dernier est fixé à l'ossature de béton armé au passage de l'anneau et à la plate-forme supérieure. Il s'opposera aux actions du vent sur toute la hauteur de l'escalier.

Fig. 1 : Principe de la toiture. Fig. 2 : L'appui D' est formé comme une bielle pouvant pivoter autour de sa base d d' pour ne pas gêner les dilatations et pouvant résister dans son plan à des efforts horizontaux quand le vent souffle dans la direction du grand axe. Fig. 3 : Modification du point D' par un raccordement EFE' pour des raisons esthétiques. Fig. 4 : Composition de la toiture.
A. Coupe transversale.
B. Coupe longitudinale.
C. Vue de la façade latérale nord.
En couleur : ferraillage d'un mât de la tour tripode.








4


C

Photo A. Delcourt

SALLE DE CONFÉRENCES ET MÉMORIAL, BERLIN

HUGH STUBBINS ET ASSOCIÉS, ARCHITECTES
SEVERUD, ELSTAD, KRUGER, INGÉNIEURS

Ce bâtiment, destiné à servir de siège à des Congrès internationaux et qui fera partie de l'Exposition du Bâtiment 1957 (v. *AA.*, n° 63, p. 76) est offert à l'Allemagne occidentale par les Etats-Unis.

Le choix de l'architecte, l'adoption du projet et le contrôle de l'exécution ont été confiés par le gouvernement américain à l'A.I.A. (American Institute of Architects) qui a désigné une commission responsable. L'architecte Hugh Stubbins a été désigné par ses confrères pour établir le projet.

L'édifice est situé au centre même de Berlin sur un terrain bordé par la Sprée au Nord, le parc Tiergarten au Sud et non loin des ruines du Reichstag. L'axe principal de l'ensemble va de la rivière au parc et l'aménagement, côté parc, d'une pièce d'eau au pied du bâtiment, donnera l'impression que celui-ci flotte sur l'eau.

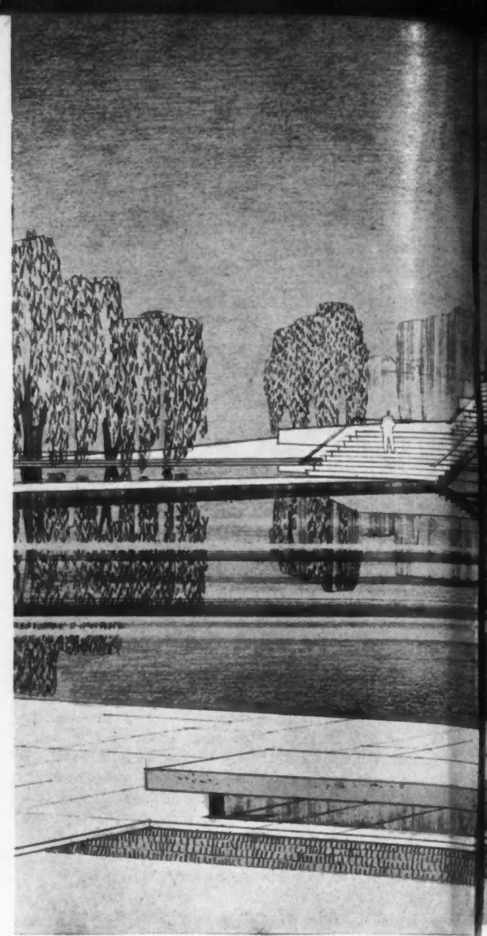
Les accès se feront facilement aux différents niveaux. Une entrée pour automobilistes est prévue sous abri, directement au rez-de-chaussée où sont groupés salles de réception, d'exposition, de conférences, bibliothèque, salle de ventes et différents services. C'est également à ce niveau qu'est projeté un mémorial à Benjamin Franklin dont le 250e anniversaire sera commémoré avec cette construction.

L'ensemble des locaux de ce premier niveau se trouve groupé sous une vaste plate-forme sur laquelle sont placés deux éléments : un bâtiment bas et allongé comprenant l'administration et une cantine et la salle des congrès prévue pour 1.000 personnes, posée sur pilotis et au-dessus de laquelle, largement débordante, est tendue une couverture en forme de selle.

Le principe de la toiture est dérivé du hall de la Foire de Raleigh de Nowicki (v. *A. A.* n° 50-51). Il s'agit dans les deux cas de deux arcs paraboliques agissant comme anneau de compression, mais ici les arcs ne sont pas soutenus sur leur périmètre extérieur et ne touchent au sol qu'à leurs points de croisement au moyen de chevalets massifs verticaux. Le voile qui est, à Raleigh, en éléments de tôle sur nappe de câbles, est ici en voile mince de béton armé dont les armatures en tension font fonction de câbles porteurs. Autre innovation : l'auditorium, de forme sensiblement circulaire, placé sous ce dais, butte au contact avec le voile sur un second anneau circulaire en béton. Il s'ensuit une légère déformation de la selle. Il semble qu'on ait assuré ainsi le contreventement de l'ensemble. La longueur des arcs est de 280' (85 m. environ), hauteur à la clé au point haut : 60' (18,30 m.). Surface couverte : environ 2.000 m².

Les parois extérieures de l'auditorium seront probablement habillées de sapin rouge, le voile sera blanc et la pièce d'eau à fond bleu.

Le prix de revient approximatif de cette construction est de l'ordre de 3 millions de dollars.



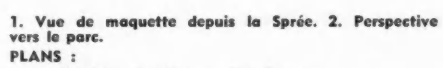
2

1 *Photo R.C. Lautman*

1. Vue de maquette depuis la Sprée. 2. Perspective vers le parc.

PLANS :

A. Auditorium. B. Niveau plate-forme.
1. Restaurant. 2. Service. 3. Bureaux. 4. Parvis. 5. Hall. 6. Foyer sous l'auditorium. 7. Escalator. 8. Ascenseur. 9. Mâts. 10. Orchestre. 11. Balcon. 12. Interprètes. 13. Radio et télévision. 14. Scène. 15. Loges des délégués.
C. Niveau inférieur.
1. Entrée principale véhicules. 2. Hall. 3. Salle d'exposition. 4. Bibliothèque. 5. Mémorial. 6. Ascenseur. 7. Vestiaires. 8. Toilettes. 9. Salle des commissions. 10. Salle de réunion des délégués. 11. Equipement mécanique. 12. Magasin. 13. Dépôt. 14. Administration. 15. Terrasses-jardins. 16. Chaufferie.



A

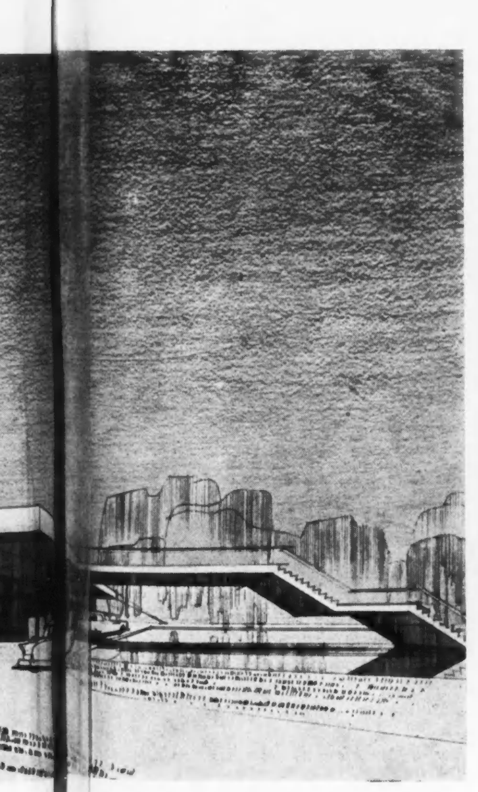
A. Coupe transversale avec, à gauche, le bâtiment bas abritant administration et cantine. Noter le deuxième anneau concentrique délimitant le point de contact de l'auditorium avec le voile.
B. Coupe longitudinale.

B

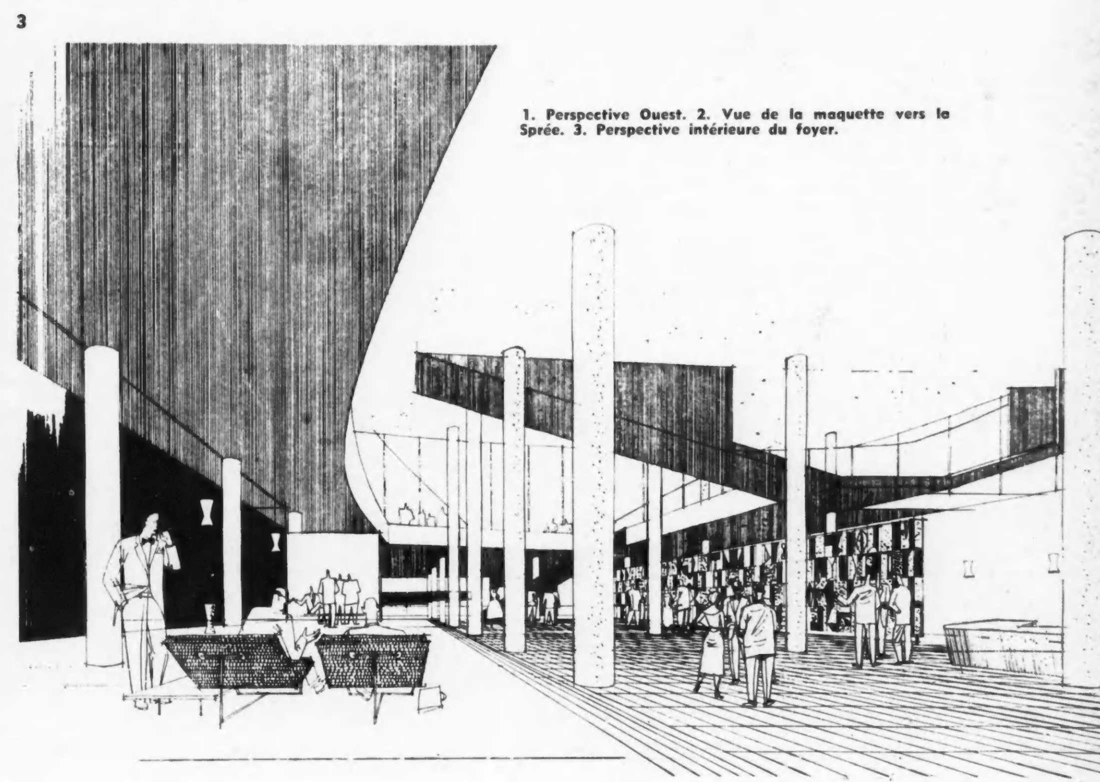
1

2

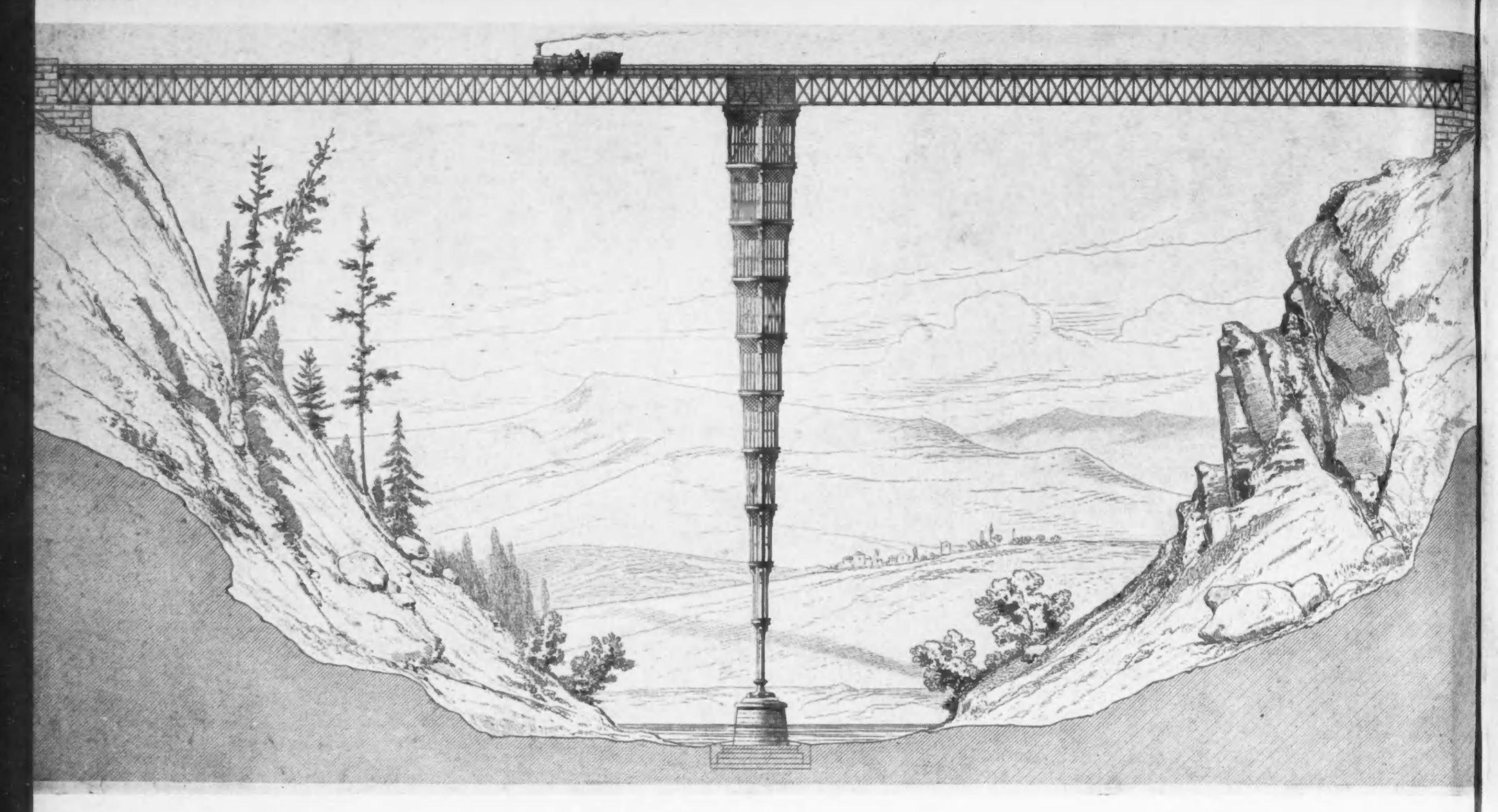
SALLE DE CONFÉRENCES. BERLIN



3



1. Perspective Ouest. 2. Vue de la maquette vers la Sprée. 3. Perspective intérieure du foyer.



1

QUELQUES RÉFLEXIONS SUR L'ESTHÉTIQUE DE LA CONSTRUCTION MÉTALLIQUE

PAR P. PEISSI, DIRECTEUR DE L'OFFICE TECHNIQUE POUR L'UTILISATION DE L'ACIER

L'explosion de civilisation technologique qui s'est manifestée au cours du XIX[e] *siècle, n'a pas été, quant à l'esthétique de la construction métallique, favorable dans son ensemble (1).*

En ces temps révolus, la plupart des bâtisseurs ont, le plus souvent, négligé les questions d'aspect. Ils étaient préoccupés avant tout de résoudre très vite les problèmes sans cesse nouveaux et urgents que posait le développement considérable et soudain de l'industrie et du commerce, entraînant l'amélioration des conditions matérielles d'existence et provoquant l'essor des pays dans lesquels ce phénomène a été constaté.

Il y a une soixantaine d'années, on eût bien étonné un ingénieur ou un homme d'affaires, en leur disant que l'ouvrage dont ils ordonnaient le projet, pouvait et devait s'inscrire harmonieusement dans le site.

N'est-il pas curieux de constater qu'au moment même où les foules, par l'effet du développement culturel, découvrent la beauté de la nature, les hommes, quelque peu emportés, il est vrai, par une sorte d'effervescence de l'industrie et du commerce, enlaidissent un grand nombre de paysages ?

Ne les condamnons pas sans leur accorder le bénéfice de circonstances atténuantes, après les avoir jugés, si vous le voulez bien, au sujet des ponts :

Jusqu'au XIX[e] *siècle, les ponts, depuis des millénaires, avaient été construits pour les mêmes usages, d'après des techniques et des canons « ne varietur », ou à peu près, en se servant presque toujours des mêmes matériaux : le bois et surtout la pierre. Immuabilité et répétition avaient conduit, à la longue, au perfectionnement de la construction et à l'épuration de la forme de ces ponts. Mais l'apparition soudaine, au cours du XIX*[e] *siècle, d'un matériau nouveau : l'acier et, en conséquence, de possibilités techniques nouvelles, permettant de satisfaire rapidement à d'impérieux besoins, nouveaux eux aussi, rompait les habitudes, provoquait une rupture avec la tradition. Voilà où se trouve la cause profonde des aspects inattendus de ces ouvrages métalliques édifiés avec le désir prédominant de fournir correctement un service utilitaire sans se soucier de la plastique.*

Une réaction contre de tels errements, très marquée fort heureusement ces dernières années, s'est manifestée. Des ponts, des édifices industriels, des stades ouverts à la multitude, ont élevé le génie de l'architecture de l'acier à la mesure d'un temple ou d'un château en pierre.

Qu'il nous soit permis de rappeler certains principes de la beauté architecturale : proportions heureuses, difficulté vaincue, lignes essentielles déterminées par le matériau, et parfaite appropriation de la construction à sa destinée.

Pour que ces conditions redeviennent sensibles avec une matière nouvelle (l'acier), il fallait à nouveau sentir la résistance de la nature et de ses lois physiques : extrême épargne du matériau, ou œuvre gigantesque. Il a été créé de nouvelles incarnations de la beauté lorsque le maître d'œuvre a su, pour ce qui est de la pratique de son art, faire jouer un rôle aux observations découlant du respect de ces principes.

⁂

En des méditations mêlées de métaphysique et de technique, des chercheurs provoquent des problèmes qu'ils résolvent en proposant des façons nouvelles d'employer l'acier. En voici des exemples :

Dès la fin de la deuxième guerre mondiale, on constate que les méthodes de calcul, et les techniques d'exécution des coques d'avions, peuvent, dans une certaine mesure, être adaptées à la construction des ossatures en acier.

En conséquence, la construction métallique est amenée à utiliser l'acier plus rationnellement encore qu'auparavant, en partant de conceptions et en mettant en œuvre des techniques nouvelles qui accusent davantage les caractères de simplicité, clarté et légèreté de ces réalisations.

Pour y parvenir, les constructeurs se servent d'éléments minces en tôle pliée ou formée à froid. Résultats : allègement, plus grandes possibilités de fabrication à l'avance en atelier d'éléments et d'ensembles de la construction. Un même élément est, à la fois, portant et couvrant, les assemblages sont prévus de façon à éviter les couvre-joints, etc.

Tout ceci a des incidences sur l'esthétique architecturale. A titre d'exemple, on peut signaler des ossatures en tôle pliée, dont une des principales qualités est la finesse, en particulier, pour ce qui est des poutres à sections creuses.

Vint aussi le soudage qui lie intimement la matière composant les pièces. Les procédés sont nombreux ; on use généralement de celui à l'arc électrique pour la construction métallique.

Les phénomènes physiques, chimiques, thermiques et métallurgiques qui constituent ou qui accompagnent le soudage sont complexes. On peut, cependant, en dégager le résultat pratique qui est la constitution d'une zone (cordon de soudure), dont la substance résulte du métal de base, auquel se sont ajoutés le métal d'apport et les matières additionnelles provenant de l'enrobage des électrodes. La nature du métal des électrodes et la composition de l'enrobage doivent être en rapport avec la nuance d'acier des pièces à souder.

Que de ressources apporte la soudure dans l'exécution des joints, raccords et assemblages ! Pas de surépaisseur, aucun dépassement, jonctions parfaites et imperceptibles si l'on prend le soin d'ébarber ou de meuler les cordons de soudure. Il ne reste plus que des lignes droites ou galbées au gré du bâtisseur, des surfaces nettes (faciles à protéger contre la corrosion). Avec le soudage, on obtient également l'allègement : à partir d'éléments simples, découpés au besoin dans des laminés ou des profilés courants du commerce, on aboutit à des ensembles complexes, d'un poids minimum, car on limite l'intervention de la matière aux endroits où sa présence est nécessaire.

Ce même souci a conduit à modifier la forme de certains profilés, pour leur donner des ailes aux faces parallèles plus larges, à angles vifs ; l'épaisseur des ailes étant supérieure à celle de l'âme.

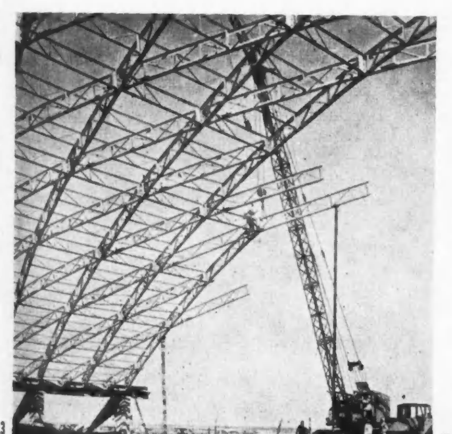
Entre la construction soudée et celle rivée, nous nous garderons de faire une comparaison esthétique favorable en principe à celle-là ou à celle-ci ; il est raisonnable de ne se prononcer que sur des cas concrets. De même, nous ne voulons pas préférer, a priori, les poutres aux arcs ou aux portiques, les structures en treillis à celles à paroi pleine ; ni aimer mieux une série d'éléments minces entre lesquels sont répartis les efforts de résistance plutôt qu'un tout petit nombre d'éléments lourds où ces efforts sont concentrés. C'est au maître de l'œuvre à choisir ; son choix pourra largement s'exercer ; rares sont les limitations à caractère technique qui pourraient gêner les créations de ceux qui établissent des projets de construction métallique.

(1) Il y a, bien entendu, des exceptions si célèbres que nous ne les citerons pas.

1. « Nouveau système de support pour pont métallique ». Encyclopédie d'Architecture. XIXe siècle. 2. Hangar d'Avalon-Lara 1952. Projet exécuté par la Société Anonyme d'Electrification S.P.A. de Milan avec la collaboration de l'ingénieur L. Finzi. 3 et 4. Auditorium de l'Université de Corpus Christi. Texas. Couverture métallique de 68 m. de portée. Longueur 88,40 m. Poids 40 kg/m². La structure qui a été réalisée en 25 jours est constituée par une voûte formée de 350 éléments de 11,88 m. de long chacun et de 0,61 m. de haut. On compte en tout 900 pannes de deux types différents. Les arcs sont espacés de 3,66 m. En 5. détail de la couverture : 1. **Pannes,** 2 **et** 3. **Eléments d'un arc.**

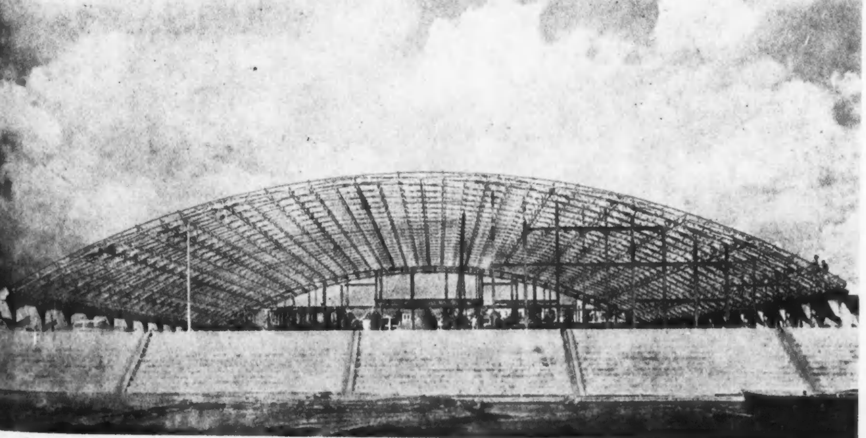
Photo Leil Larsen. Studio K. Ross

1



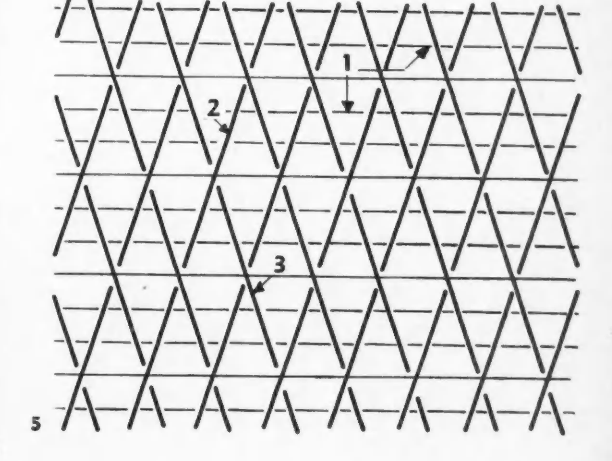
3

2



4

Doc. Instituto Tecnico de la Construccion y del Cemento



5

1. Garage à Winterthur, Geilinger et Cie. 2. Hall d'exposition du Comptoir Suisse à Lausanne Ch. et C.F. Thevenaz, architectes. Structure en acier formée d'arcs croisés à 90°, de 61,60 de portée (largeur du bâtiment 45 m.). Eclairage zénithal par caissons vitrés. 3. Usines Sollac. Portiques soudés pour chemin de roulement. L.K. Wilenko, ingénieur. 4. Escalier hélicoïdal de l'IRSID. R.A. Coulon, architecte, L.K. Wilenko, ingénieur-conseil. Exécution E. Pantz. Escalier à deux volées, entièrement en tôle pliée et soudée. Il se compose d'un limon unique en caisson sur lequel sont fixées les marches trapézoïdales, décalées des 2/3 de leur longueur, en porte à faux, vers l'extérieur. 5. Ossature soudée d'une usine dans la région parisienne : les éléments constitutifs de cette charpente sont des poutrelles ajourées, obtenues par découpage en zig-zag de l'âme et soudage des deux parties après décalage. MM. Perret, architectes.

1



Photo Beringer et Pampaluchi

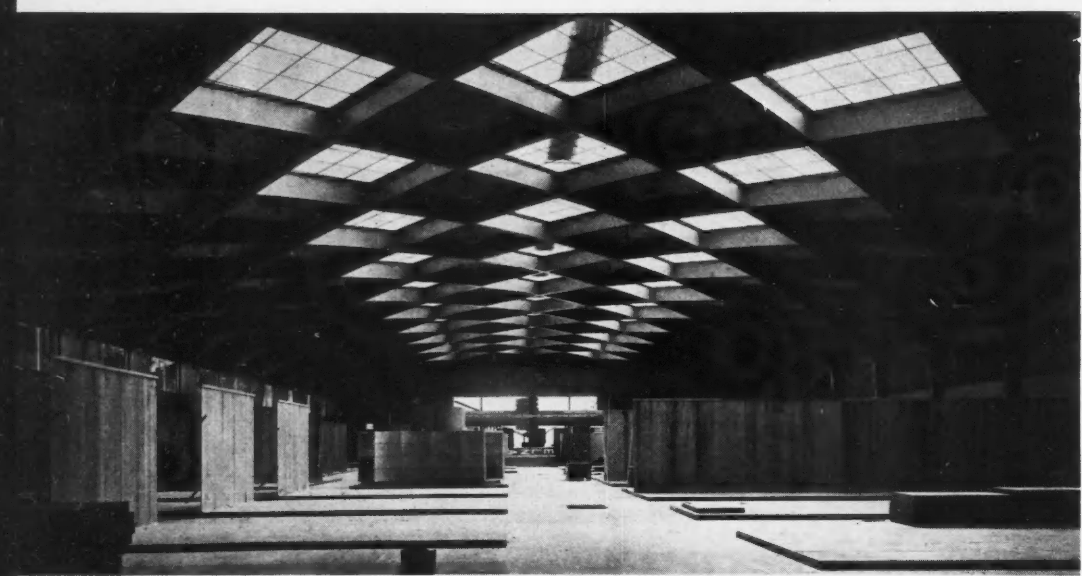


Photo de Jongh

2

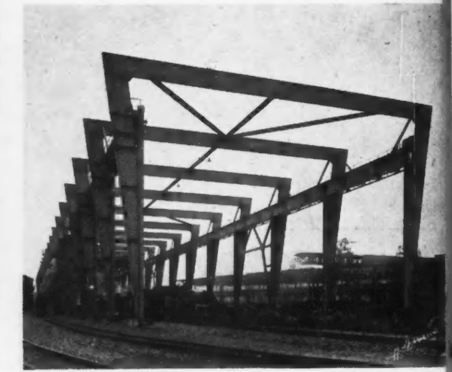


Photo J. Baranger

3

LA CONSTRUCTION MÉTALLIQUE

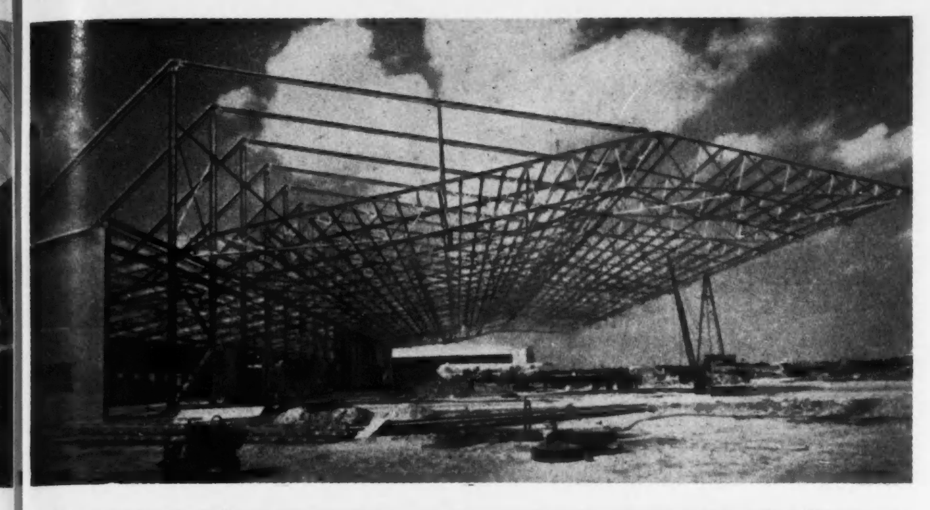


4



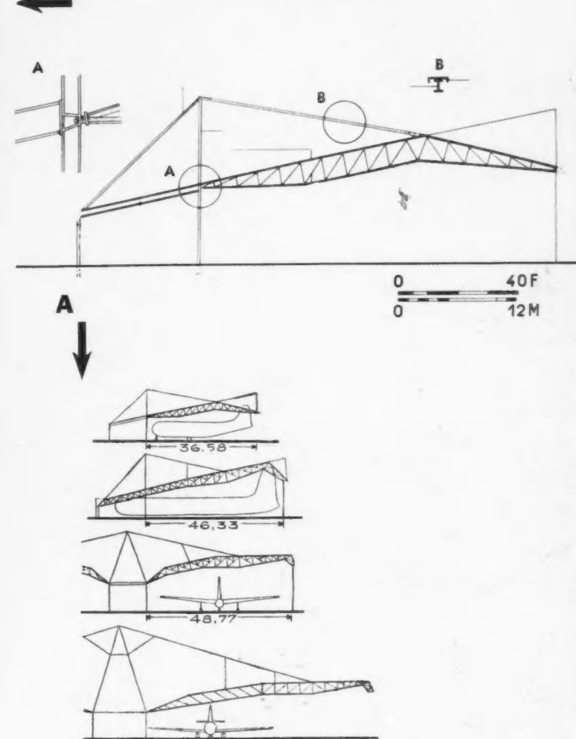
Photos H. et C. Lacheroy

5



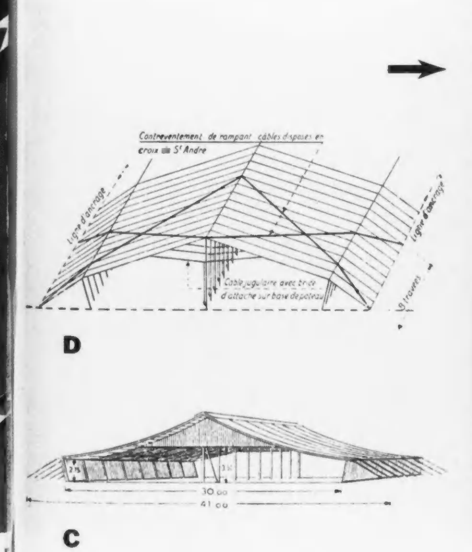
1. Construction par fermes en cantilever suspendues aux Etats-Unis. Ce système est principalement utilisé pour des hangars d'aviation exigeant des façades libres de tout appui. A. Détail de la structure. B. Comparaison de divers types de portées et du coût de la charpente d'un certain nombre de réalisations et projets :

Portée	Coût de la surface couverte
36, 58 m.	$ 2.40 au pied carré, env. 8.400 fr. au m²
46, 33 m.	$ 3.50 au pied carré, env. 12.300 fr. au m²
48, 77 m.	$ 3.70 au pied carré, env. 13.000 fr. au m²
76, 20 m.	$ 4.80 au pied carré, env. 17.000 fr. au m²
59, 73 m.	$ 2.46 au pied carré, env. 8.600 fr. au m²





2. Coupole de 60 m. de diamètre : couverture du bassin de giration du Ministère de la Marine à Paris.
3. Angleterre : Hangar haubanné. Trois files de chevalets supportent une nappe de câbles sur laquelle reposent les pannes. Couverture en tôle ondulée. C. Schéma d'ensemble. D. Vue schématique des contreventements de toiture.



3



Doc. Ossature Métallique



1

SERRE POUR UNE EXPOSITION D'HORTICULTURE, HAMBOURG, ALLEMAGNE

B. HERMKES, ARCHITECTE
G. GEISLER, ARCHITECTE COLLABORATEUR

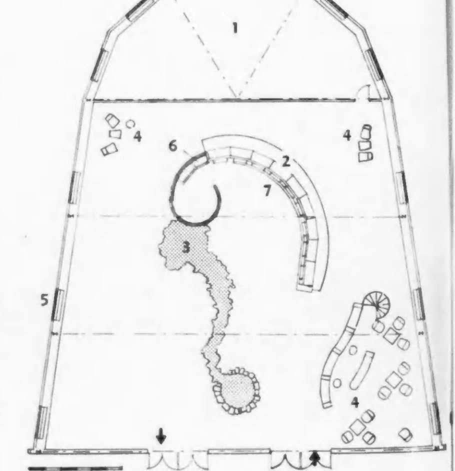
A

B



2 *Photos E. Troeger*

Structure composée de fermes paraboliques en profilé IPN 20 renforcé. Ecartement 7,50 m. Pannes IPN 16. Hauteur moyenne : 8,07 m à la clé. La partie centrale de la couverture est opaque, composée de feutres bitumineux sur bardage bois.

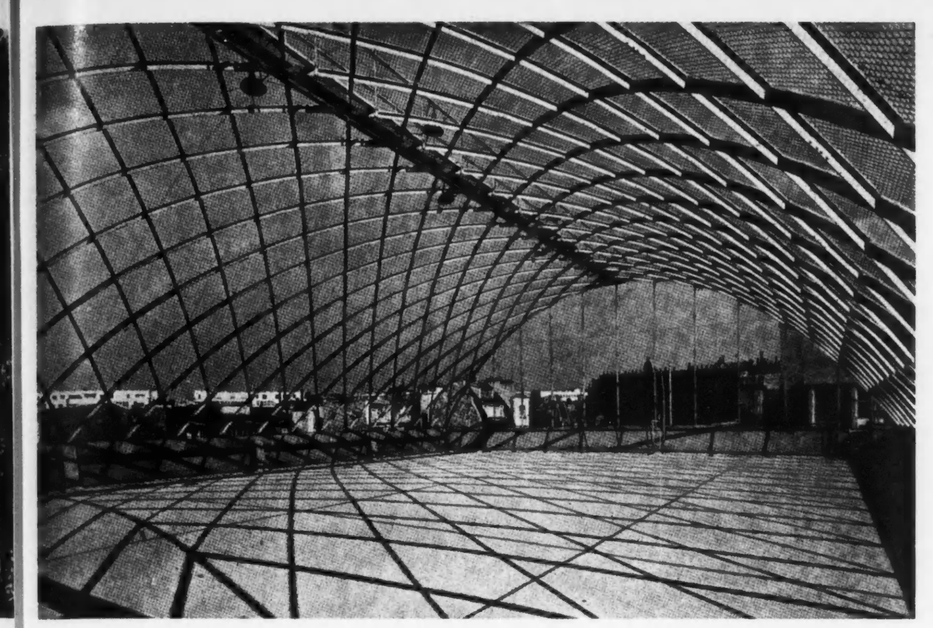


1. Vue d'ensemble. 2. Vue intérieure.

A. COUPE TRANSVERSALE : 1. **Châssis de ventilation.** 2. **Bardage bois. Deux couches de carton goudronné.** 3. **Isolation laine de verre.** 4. **Panneau héraclite brut.** 5. **Dallage sur béton.** 6. **Vitrage sous mastic.** 7. **Marquise.** 8. **Réfrigération.**

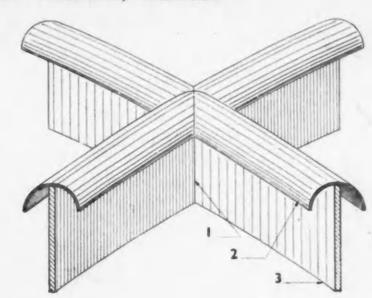
B. COUPE LONGITUDINALE : 1. **Panneau héraclite.** 2. **Vitrage sous mastic.** 3. **Ventilation.** 4. **Châssis de ventilation.** 5. **Poutre plancher béton.**

C. PLAN : 1. **Serre pour plantes tropicales.** 2. **Aquarium.** 3. **Bassin.** 4. **Coin repos.** 5. **Appareil de réfrigération.** 6. **Pompe.** 7. **Filtre.**



COUVERTURE DE TERRASSE A PARIS

LOUIS SAINSAULIEU, ARCHITECTE



Détail d'un nœud : 1. Assemblage à mi-fer soudé. 2. Demi-tube 64-70 soudé par cordons discontinus. 3. Plat 130.

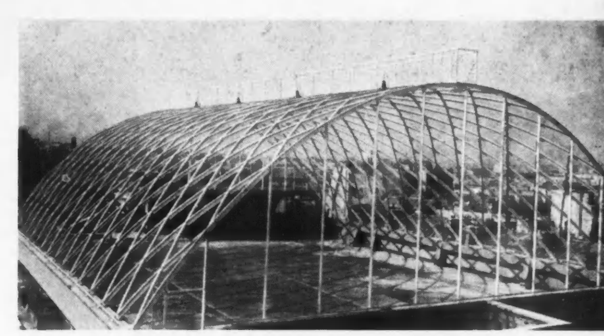
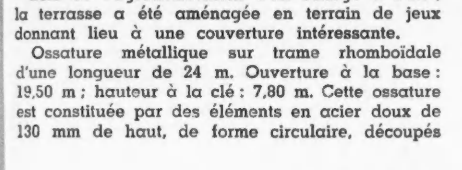


Photo Arpfoto



Lors de l'agrandissement d'un collège à Paris, la terrasse a été aménagée en terrain de jeux donnant lieu à une couverture intéressante.

Ossature métallique sur trame rhomboïdale d'une longueur de 24 m. Ouverture à la base : 19,50 m ; hauteur à la clé : 7,80 m. Cette ossature est constituée par des éléments en acier doux de 130 mm de haut, de forme circulaire, découpés au rayon voulu dans de la tôle de 7 mm. Ces éléments sont chapeautés par des tôles pliées en forme de demi-tube de 4 mm d'épaisseur qui protègent les éléments verticaux, leur donnent le raidissement au flambage nécessaire et facilitent l'étalement et la fixation du grillage. La charpente comporte, au faîtage, une passerelle de service avec platelage en métal déployé.

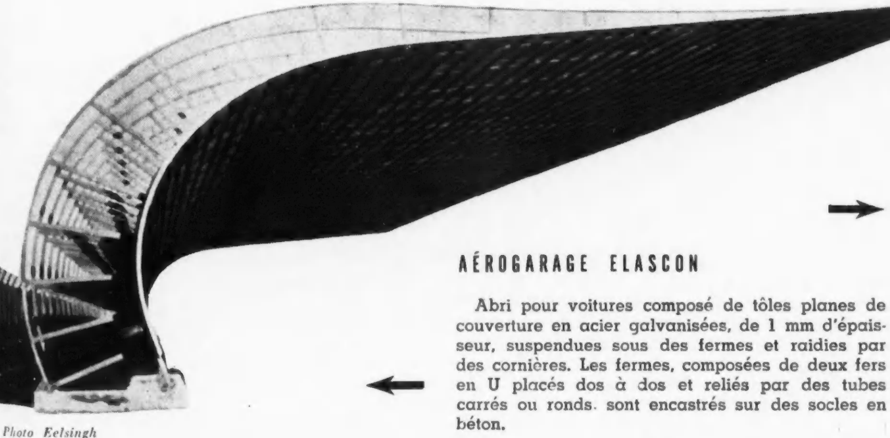


Photo Eelsingh

AÉROGARAGE ELASCON

Abri pour voitures composé de tôles planes de couverture en acier galvanisées, de 1 mm d'épaisseur, suspendues sous des fermes et raidies par des cornières. Les fermes, composées de deux fers en U placés dos à dos et reliés par des tubes carrés ou ronds, sont encastrés sur des socles en béton.



Cliché Photopress

GARAGE A GRENOBLE R. SARGER, INGÉNIEUR

Chaque sched est composé de deux poutres inclinées dont les membrures hautes sont communes : l'une de ces poutres est la poutre-vitrage, l'autre est la poutre-toiture dont les montants sont des fermettes paraboliques soudées qui se montent sur chantier. Ces fermettes sont reliées entre elles par les éléments en traction d'un tirant parabolique terminant la structure de la haute toiture.

Les caractéristiques sont donc : suppression des fermes de sched, d'où dégagement d'un volume utilisable ; suppression de tout tirant, sauf sur les poteaux d'appuis qui sont au moins à 30 m l'un de l'autre du fait de la grande inertie des poutres ; forme parabolique des fermettes permettant un sous-plafond diffusant la lumière du jour ; grande légèreté de l'ensemble.

Portée des scheds : 32 m. Poids de la charpente métallique, y compris fer à vitrage, pannes métalliques pour couverture et sous-plafond, et poteaux de soutien : 27 kg/m².

LA TOLE D'ACIER

La tôle pliée est actuellement utilisée sous forme de panneaux ou de profilés caissonnés pour la réalisation de revêtements de façades et même comme ossature (v. fig. 1). Mais elle permet également l'obtention de formes courbes limitées actuellement à la construction de réservoirs. Il n'est pas impossible que ces techniques puissent être introduites en architecture, ouvrant ainsi la voie à des formes plastiques intéressantes (comparer avec le projet de théâtre d'Amancio Williams. — Voir *Aujourd'hui* n° 6).

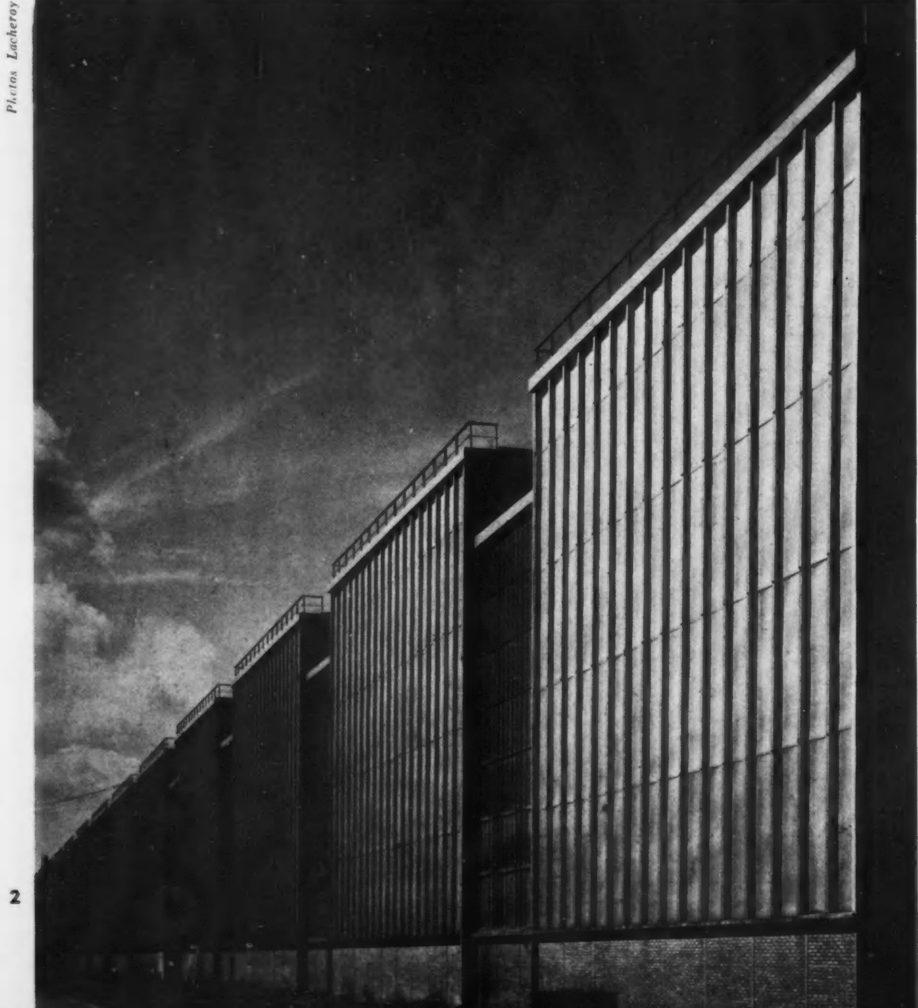
1. Eléments de façade présentés au dernier Salon des Arts Ménagers (v. p. XIX). 2. Paroi extérieure en tôle galvanisée des Usines Sollac à Sérémange. M. Leclaire, architecte. 3. Montage des panneaux de façade en tôle d'acier de l'Aérogare d'Orly (v. A.A., n° 58). 4. Mise en place de panneaux d'acier pour des habitations construites par les procédés Domofer (v. p. XXXIX). 5, 6 et 7. Châteaux d'eau aux Etats-Unis. 8. Château d'eau en Italie.

Photo Keller



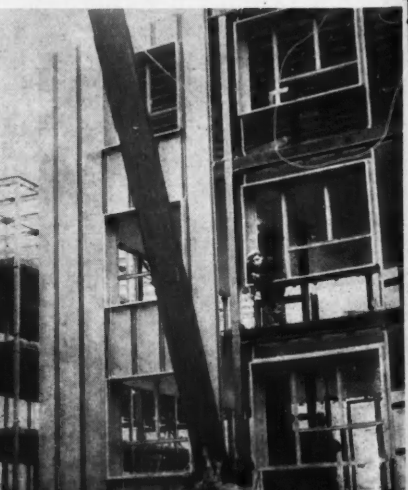
1

Photos Lacheroy

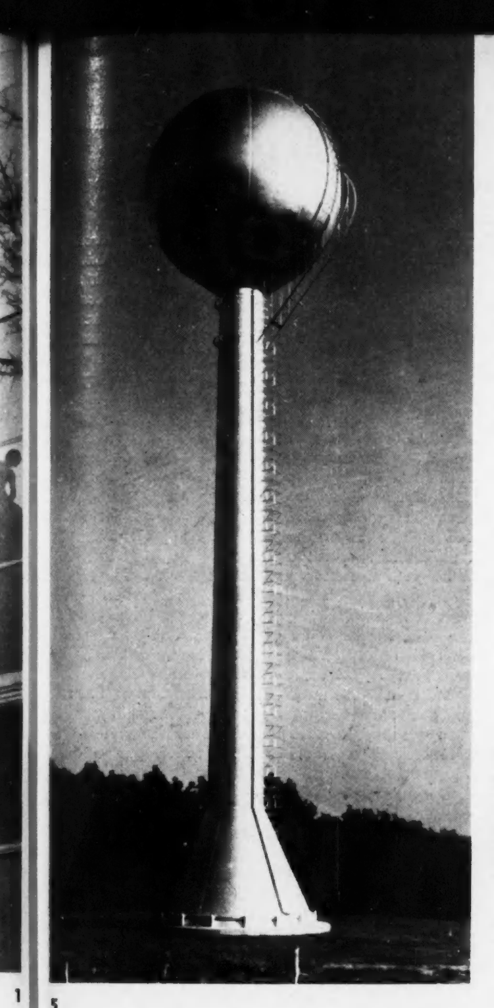


2





1



5



Doc. Centre Belgo-Luxembourgeois d'Information de l'Acier 6



7



8

Photo S.A.S.

PATINOIRE A BOULOGNE-BILLANCOURT, FRANCE

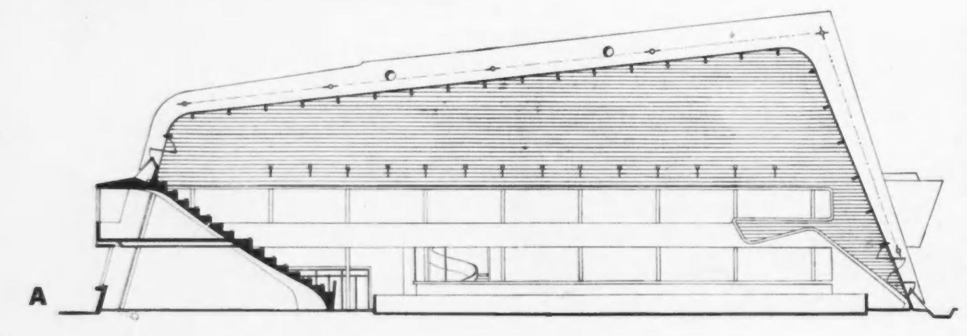
L. SAINT-CALBRE, ARCHITECTE

Cliché O.T.U.A. Photo H. Lacheroy

1

1. Vue latérale : fermes caissonnées de 49,50 m de portée au sol. Couverture et parois latérales translucides en plastiques stratifiés. 2. Vue de la façade Nord. 3. Vue intérieure montrant la disposition des fermes-caissons.

A. Coupe transversale. B. Mode de fixation des panneaux stratifiés sur la rive extérieure des poutres. C. Sur les rives inférieures, la fixation est effectuée au moyen d'un relevé. D. Plan d'ensemble : 1. Porche. 2. Snack-bar. 3. Piste de glace. 4. Tribunes. 5. Fosses à neige. 6. Cheminées de chaufferie. 7. Bureau de renseignements.



Le programme assez important était relativement facile à interpréter d'une manière satisfaisante sur le terrain offert, un peu trop petit cependant, mais présentant l'avantage d'une part d'un accès facile et, d'autre part, de la proximité des Glacières de Paris avec, pendant l'hiver, leur excédent de frigories. Les collecteurs de saumure à — 17° traversent la rue Emile-Pouget, évitant la dépense de production de froid.

Situé à l'angle des rues Emile-Pouget et V.-Greffuelhes, le bâtiment est bordé au nord par un jardin d'enfants et à l'ouest par le square Henri-Barbusse. Il était intéressant, pour une construction sportive couverte, de donner l'impression que la nature était proche. C'est l'idée qui a dominé la conception du plan s'ouvrant totalement vers les arbres.

La patinoire sera utilisée pendant l'été pour la pratique du basket, hand-ball, tennis, volley-ball, escrime, etc.

Outre la piste (60 × 30 m), elle comprend : hall d'entrée, tribunes (3.000 places assises), bar, bureaux, vestiaires, dortoirs, chambres, etc.

La construction, qui laisse entièrement libre la surface occupée par la piste et les tribunes, se compose essentiellement de six fermes creuses, en tôle d'acier soudée, de 49,50 m de portée entre appuis au sol.

Ces fermes, espacées de 12,60 m d'axe en axe, supportent à l'intrados une couverture et des parois latérales translucides en stratifiés de verre-polyester légers.

Seule la partie basse d'un long pan, côté square, est en verre transparent sur 3 m de hauteur environ.

Les pignons sont revêtus sur les deux faces de planches d'aluminium cannelées à joints horizontaux, au-dessus, d'une part, du soubassement en maçonnerie du pignon Nord, et d'autre part des locaux annexes adossés intérieurement au pignon Sud.

FERMES

Les six fermes caissonnées, identiques dans leur forme, se composent :

— de deux montants en forme de troncs de pyramides quadrangulaires renversés, inclinés sur la verticale de 34 % côté square et 26,3 % côté rue ;

— d'une poutre supportant la couverture ayant une pente unique sur l'horizontale de 12 % côté rue.

Si les montants, côté square, le mieux exposé au point de vue de l'éclairement naturel, descendent jusqu'au terrain pour prendre appui sur les fondations, ceux du côté de la rue prennent appui à 9,50 m au-dessus du terrain sur un bâti en béton armé qui doit lui-même supporter les tribunes.

Les fermes reposent sur les fondations à hauteur du sol naturel par l'intermédiaire d'un appui à simple rotule, sur le bâti en béton armé par l'intermédiaire d'un appui mobile qui est réglable au moment de la pose, grâce à une fenêtre ménagée dans la semelle intrados du caisson.

Un dispositif composé d'une semelle, de cornières et de raidisseurs en croix assure le renforcement des pieds de chaque montant.

Les platines d'appui sont scellées à la maçonnerie des fondations par quatre forts boulons.

PANNES

Deux types de pannes de 12,60 m de longueur, en tôle pliée de 4 mm d'épaisseur, raidies par des cloisons de même épaisseur, sont mises en œuvre : l'un sous la poutre de tête, l'autre sous la face inclinée des montants.

Ces pannes sont liées aux fermes par des suspentes, au droit des raidisseurs.

La liaison par soudure, bout à bout, de deux pannes voisines, est renforcée par un gousset également soudé.

CONTREVENTEMENT

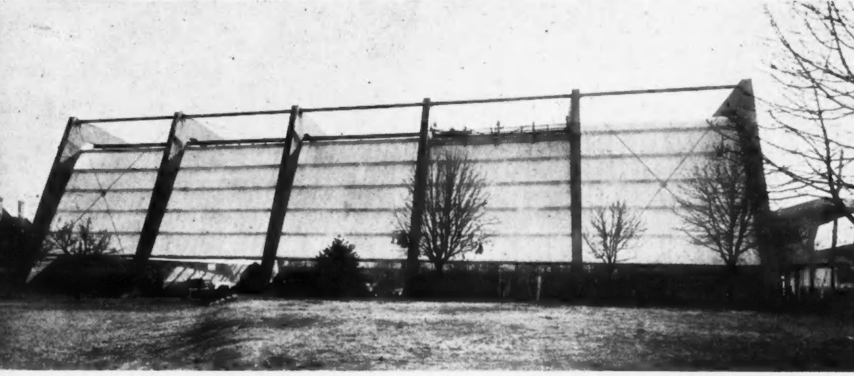
Le maintien des fermes dans leur position définitive est assuré par cinq cours d'entretoises en tubes étirés sans soudure, de 267 mm de diamètre et de 7 mm d'épaisseur.

armature de la poutre
tissu de verre
colle
stratifié
B

poutre-caisson
joint d'étanchéité
stratifié
panne suspendue
C

D

Photo « Bâtir ». H. Fréchou

2 

3 

Cliché O.T.U.A. Photo H. Lacheroy

Ces entretoises, fendues diamétralement aux extrémités, s'emmanchent sur des goussets qui traversent de part en part les fermes-caissons et qui font corps avec les cadres raidisseurs.

Toutes les liaisons sont faites par soudure.

Le contreventement est complété par des croix de Saint-André en fers ronds de 40 mm de diamètre fixés sur des oreilles, qui font partie intégrante des goussets d'entretoises et des goussets intérieurs des pieds de montants.

REMPLISSAGE EN PLASTIQUE

Pour obtenir, à la fois, l'éclairement par la lumière naturelle et la mise à l'abri des intempéries, le remplissage est effectué avec des matières plastiques réunissant en un seul élément le plafond et la couverture ; ce remplissage est léger, les panneaux ondulés de $12 \times 2{,}3$ m pèsent 2,200 kg/m².

L'assemblage et la fixation du polyester sur la charpente sont réalisés par collage continu aux éthoxylines, qui doit permettre l'absorption des différences de dilatation entre le plastique et la charpente.

Pour que la jonction des panneaux avec les faces intérieures ou extérieures des poutres-caissons soit étanche, on a ménagé des relevés de rives.

MONTAGE

Le levage de chacune des fermes a été effectué à l'aide de deux mâts de montage pour la poutre de tête et, simultanément, avec une grue roulante pour le grand montant.

Des trous de levage avaient été prévus à cet effet aux extrémités de la poutre de tête, sur chacune de ses faces ; ultérieurement, ces trous se sont trouvés coiffés et donc dissimulés lors de la pose des entretoises.

Une soudure en position a été rendue nécessaire en tête du grand montant pour son assemblage avec la poutre-caisson.

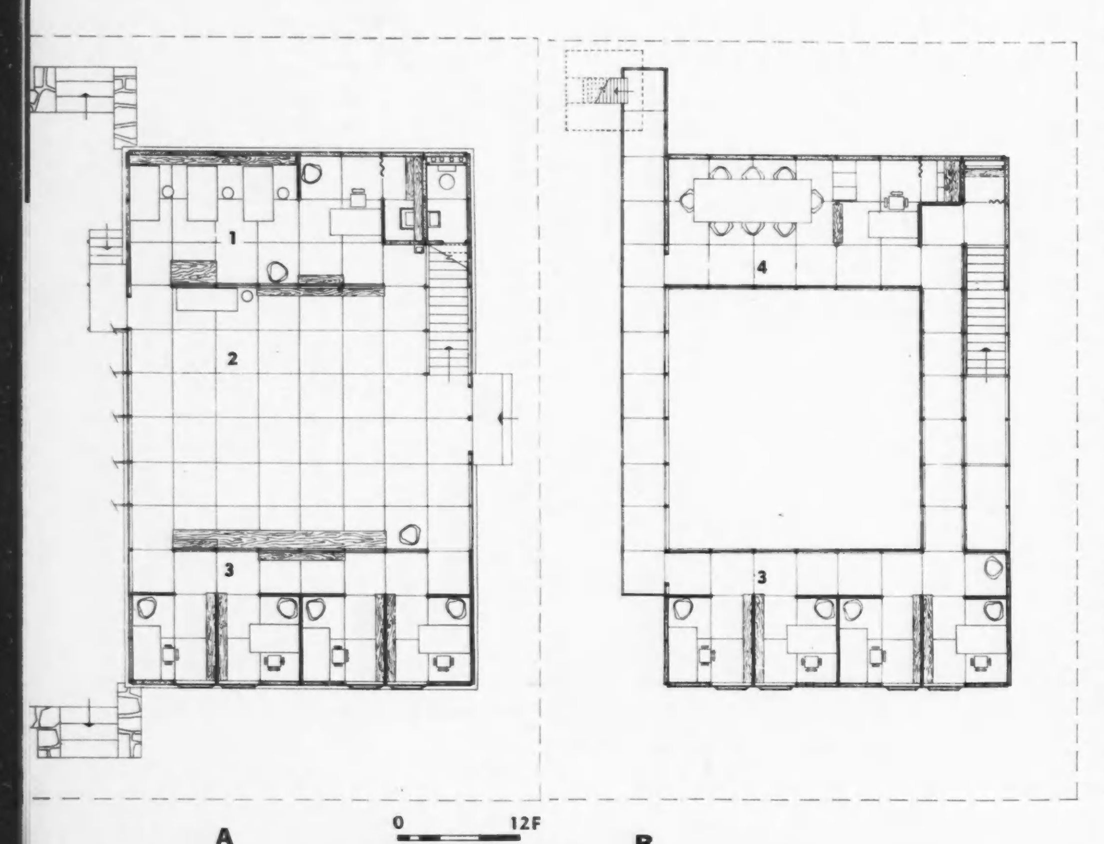
Tous les aciers ont reçu une peinture de protection que recouvrira ensuite une couche de peinture.

(Extrait d'un article de P. Peissi, directeur de l'O.T.U.A., paru dans le n° 54 de la revue « Bâtir ».)

1

ANNEXE DE LA FACULTÉ D'ARCHITECTURE, UNIVERSITÉ DU MICHIGAN

INSTITUT DE RECHERCHES DE L'UNIVERSITÉ



Nous avons, dans notre numéro 53 (p. 28) rendu compte des recherches entreprises par l'Université du Michigan pour la mise au point d'un système de construction du type « Unistrut » (charpente métallique légère comportant des profilés en tôle pliée).

L'Université avait entrepris ces études à la demande du producteur de ces profilés métalliques et les avait appliquées à la construction d'une école-type.

Les buts poursuivis sont le développement d'un système d'un montage et d'un démontage faciles, d'une grande flexibilité et permettant une économie en même temps qu'une industrialisation poussée.

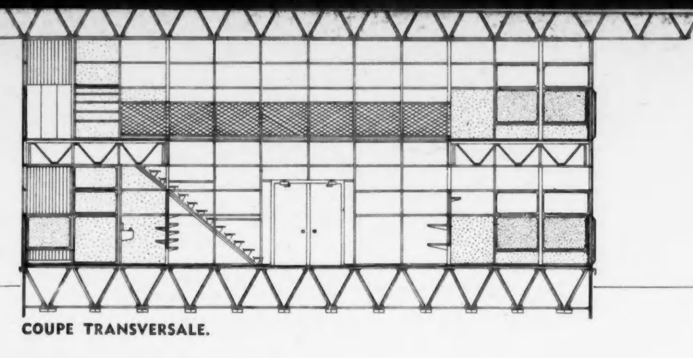
La nouvelle réalisation entreprise récemment par l'Université comporte essentiellement l'expérimentation d'une charpente tridimensionnelle avec le même système de construction.

Le bâtiment réalisé correspond, par ailleurs, aux besoins de l'Université et constitue une annexe de la Faculté d'Architecture avec bureaux, salles de conférences et de dessin.

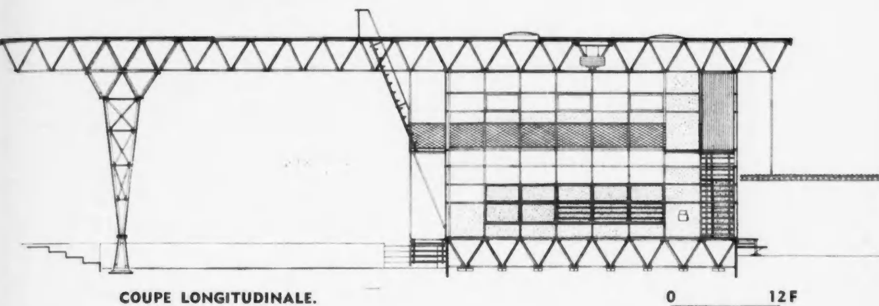
La structure comprend deux plateaux à charpente tridimensionnelle. Le soubassement est posé sur des dés en béton et la charpente de couverture, qui déborde largement le bâtiment, se prolonge en formant un grand auvent supporté par deux points d'appui triangulés..

Des essais de résistance aux vents et aux secousses sismiques ainsi que des essais de charge sur les plateaux ont été entrepris en cours de construction. Ces derniers permirent de déterminer que la structure tridimensionnelle, réalisée avec des éléments très légers, peut supporter des charges allant jusqu'à 60 livres par pied carré (env. 300 kg au m²) avec des points d'appui distants de 41' (12,50 m env.). En renforçant les points d'assemblage, il semble possible de porter cet écartement à 50' (15,25 m env.). Cinq structures de ce type ont été réalisées par l'Université.

Les parois extérieures sont du type sandwich utilisant des panneaux minces. Les planchers sont réalisés par panneaux de la même façon que les murs.



COUPE TRANSVERSALE.

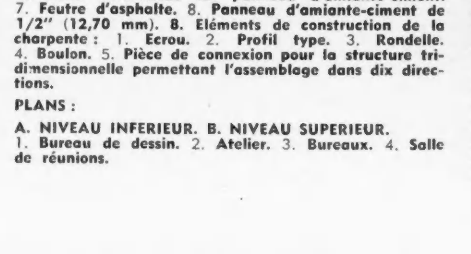


COUPE LONGITUDINALE.

1. Vue de nuit. 2. La charpente métallique ne doit pas être en contact direct avec le sol. Elle est posée sur des dés en béton. 3. Plateau en charpente tridimensionnelle formant infrastructure. 4. Pose des dalles de plancher sur plateau formant soubassement. 5. Charpente de couverture en cours de montage. 6. Une vue intérieure du hall central. 7. Détail d'angle montrant la construction de la paroi extérieure et du plancher : 1. **Joint caoutchouc.** 2. **Panneau de plexiglas.** 3. **Panneau d'amiante-ciment de 3/8" (9,52 mm).** 4. **Isolation par laine de verre de 3/4" (19,05 mm).** 5. **Panneau d'amiante-ciment de 3/8" (9,52 mm).** 6. **Dalle caoutchouc sur panneau d'amiante-ciment.** 7. **Feutre d'asphalte.** 8. **Panneau d'amiante-ciment de 1/2" (12,70 mm). 8. Eléments de construction de la charpente :** 1. **Ecrou.** 2. **Profil type.** 3. **Rondelle.** 4. **Boulon.** 5. **Pièce de connexion pour la structure tridimensionnelle permettant l'assemblage dans dix directions.**

PLANS :

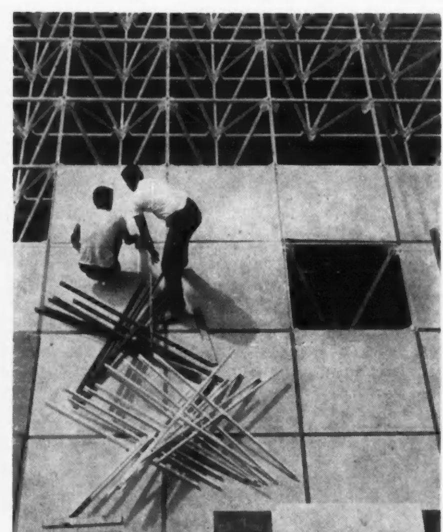
A. NIVEAU INFERIEUR. B. NIVEAU SUPERIEUR.
1. **Bureau de dessin.** 2. **Atelier.** 3. **Bureaux.** 4. **Salle de réunions.**

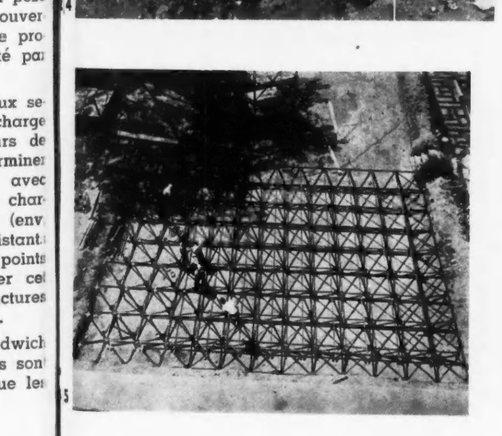


6

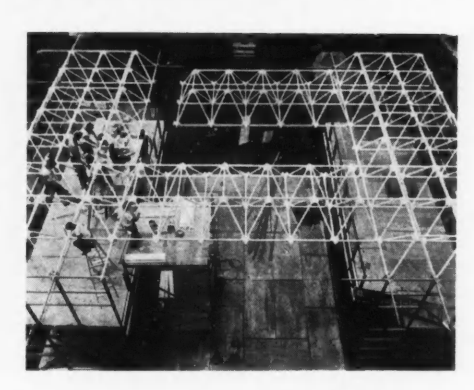


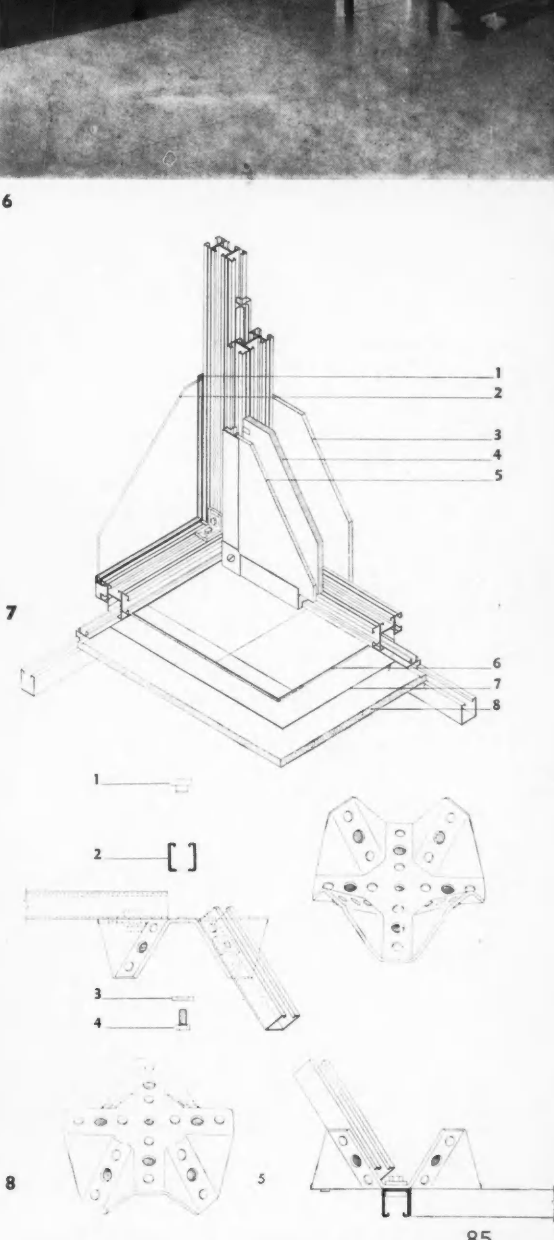
4





5







La gare du quartier industriel de Winterthour a été pourvue d'abris de quai dont le type de construction inédit est remarquable par sa conception.

L'abri est formé de deux travées de 33 m de portée, et de 12 m de porte-à-faux en bouts. Trois piliers en béton armé supportent un tube de tôle mince de 1,25 m de diamètre formant poutre maîtresse. De part et d'autre de l'élément porteur central sont suspendues les dalles de l'auvent de 3 cm d'épaisseur réalisées en béton précontraint, suspendues par des tirants et comprenant des joints à emboîtement et des nervures de raidissage. Les eaux sont renvoyées à l'intérieur vers deux chéneaux en acier. Les chutes d'eaux pluviales sont ménagées dans les supports.

La poutre maîtresse a été amenée à pied d'œuvre par les chemins de fer en pièces de 18 m de long, et a pu être mise en place à l'aide de grues roulantes en quinze heures environ, les pièces étant assemblées par boulons puis soudées. Les éléments de béton de la marquise ont pu être montés en une nuit. Ces temps ont d'ailleurs été sensiblement raccourcis lors de la réalisation d'un second abri.

Les trois piliers de support sont conçus de manière à pouvoir, par le montage d'éléments de remplissage appropriés, y réaliser, suivant les besoins, des cabines téléphoniques, tableaux électriques, horloges, vitrines, distributeurs automatiques, etc. A l'intérieur de la poutre principale, passent les canalisations électriques.

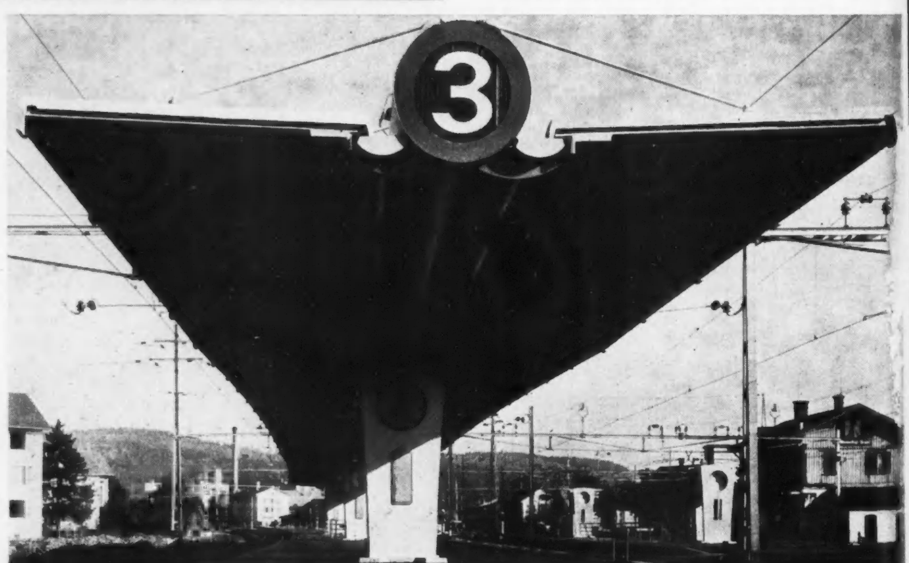
A. COUPE SUR L'ABRI. B. COUPE LONGITUDINALE SUR LES DALLES. C. ELEVATION. D. PLAN DE L'ABRI : (Noter que le quai épouse la courbure des voies.)

1. Tige de suspension des auvents. 2. Fourreau. 3. Ecrou acier. 4. Pièces de support du cylindre. 5. Panneau pour inscriptions. 6. Cadre pour les noms de stations. 7. Tube fluorescent. 8. Vitrine. 9. Support câble électrique. 10. Support de tige de suspension. 11. Joint de recouvrement entre panneaux. 12. Panneau terminal

1

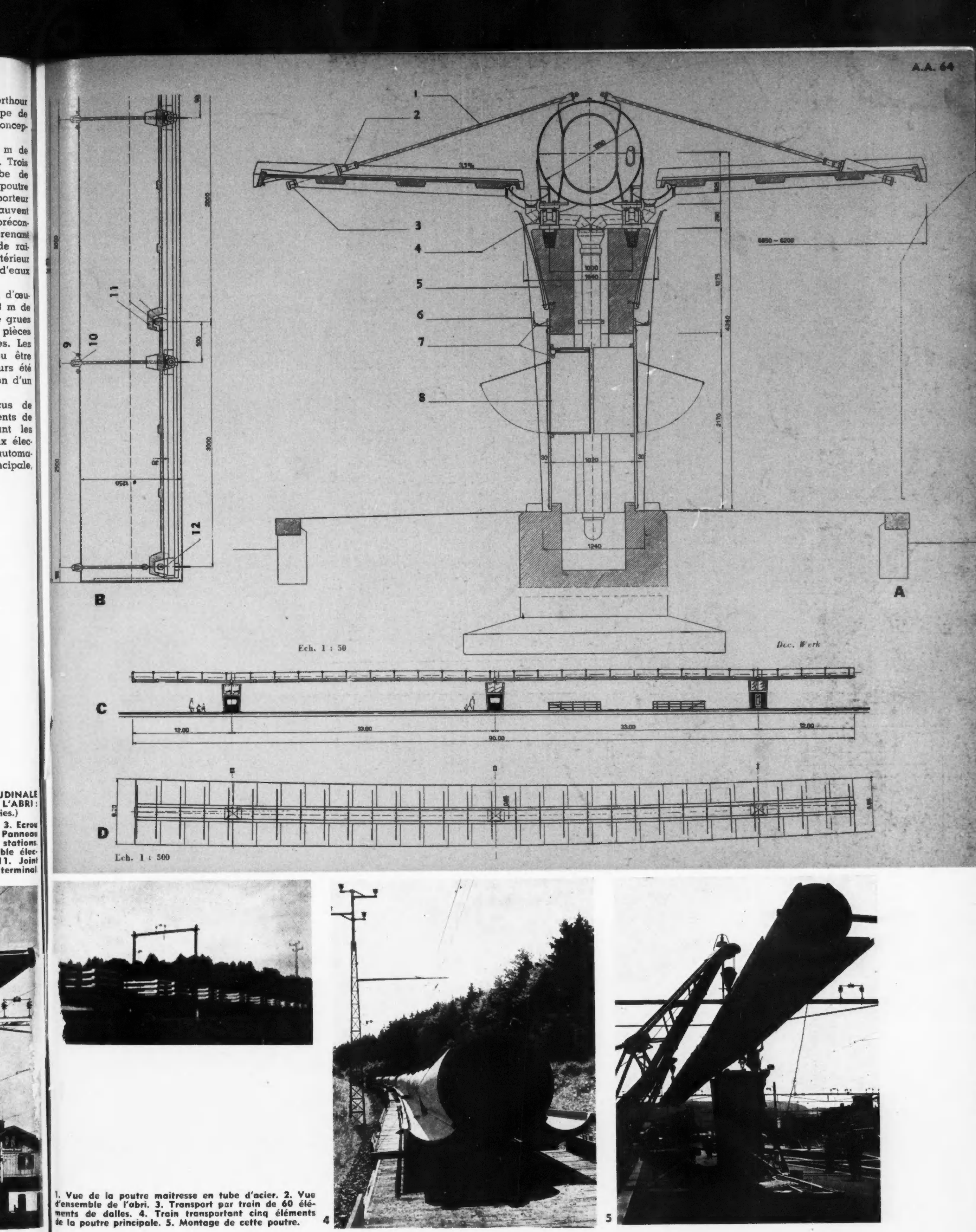
ABRIS DE QUAI A WINTERTHOUR-GRUZE, SUISSE

HANS HILFIKER, INGÉNIEUR



2

Photo F. Engesser

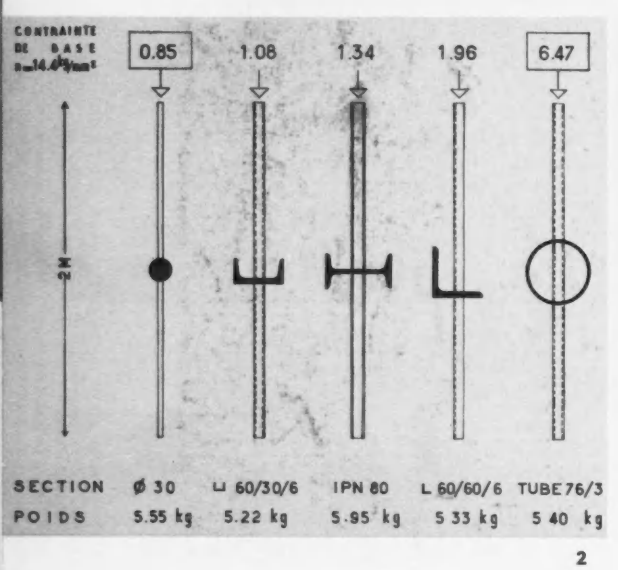


1. Vue de la poutre maitresse en tube d'acier. 2. Vue d'ensemble de l'abri. 3. Transport par train de 60 éléments de dalles. 4. Train transportant cinq éléments de la poutre principale. 5. Montage de cette poutre.

1

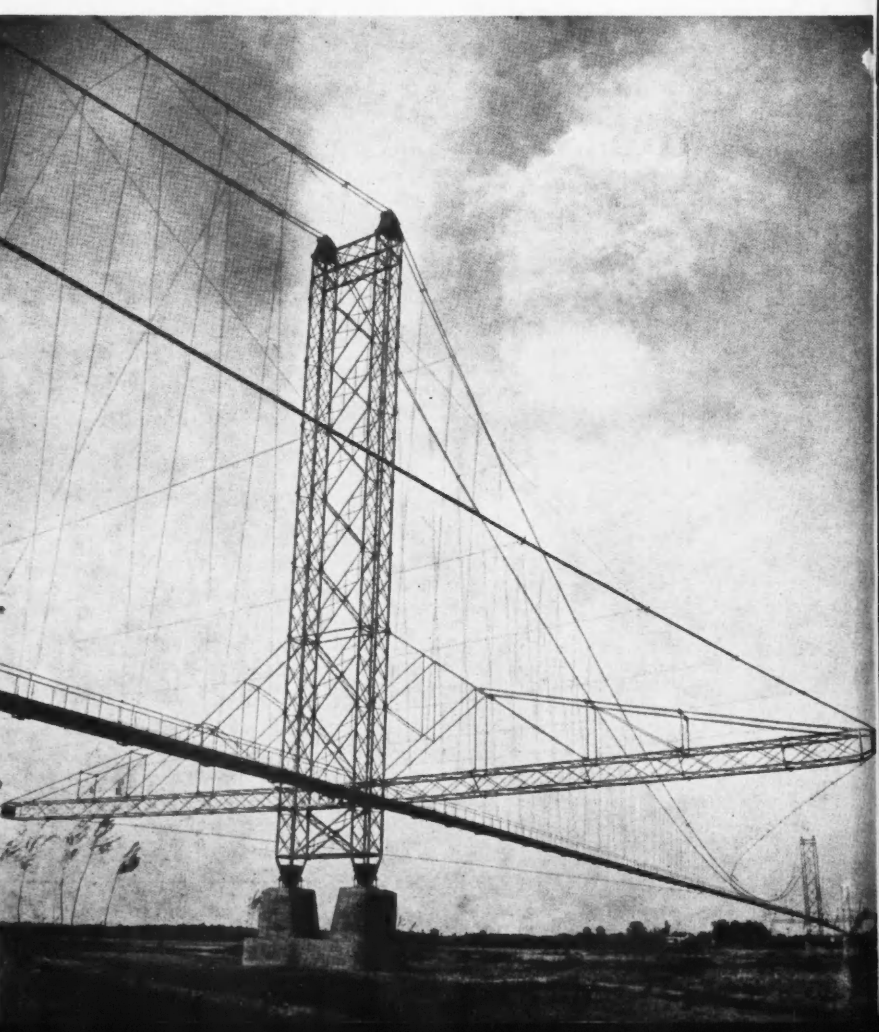
LE TUBE, ÉLÉMENT DE STRUCTURE

PAR STÉPHANE DU CHATEAU



2

Doc. Dalmine 3



1. Maquette pour une église en Allemagne (Hentrich et Petschnigg, architectes). Couverture en charpente tubulaire. 2. Tableau comparatif des charges admissibles pour une pièce mécanique d'un poids sensiblement égal. 3. Pipe-line de méthane traversant le Pô à Crémone. Deux portées de 320 m. et deux de 140 m. Pylônes de soutien de 40 m. de hauteur ; bras horizontaux de contreventement de 52 m. Poids total : 300 tonnes. 4. Festival de Londres (voir A.A. n° 39) : le « skylon », pylône en tube d'acier soudé et le Palais de la Découverte. 5. Pylône de haute tension sur le Pô. 6. Tour du Parc de Milan actuellement utilisée comme émetteur de télévision. Hauteur : 110 m.

L'introduction du tube d'acier dans la charpente métallique n'est pas absolument nouvelle. Elle s'est surtout développée en Angleterre et en Italie où de très importantes constructions sont réalisées en utilisant le tube.

L'Architecture d'Aujourd'hui a publié, dans son numéro 55, un projet spectaculaire de Konrad Waschsmann pour un hangar d'aviation en structure tubulaire à trois dimensions. Les systèmes de charpente à trois dimensions, dont le pionnier en France fut Robert Le Ricolais, sont actuellement étudiées de plus en plus dans de nombreux pays et le tube semble plus spécialement indiqué pour ce type de structure.

Nous avons demandé à l'ingénieur-architecte Stéphane Du Chateau, réalisateur en France de constructions tubulaires, de donner un aperçu sur les utilisations de ce profil et les possibilités qu'il offre actuellement.

N. D. L. R.

L'évolution de la construction métallique a été marquée par deux phénomènes concomitants : la connaissance de plus en plus précise des caractéristiques du matériau, et le désir des constructeurs d'en tirer le meilleur parti pour répondre à l'offre d'un programme de constructions sans cesse accru.

La qualité des aciers s'est améliorée et les fabricants ont inscrit dans leurs catalogues une grande diversité de profils mieux adaptés aux fonctions proposées.

Parmi ces profils, *le profil tubulaire* présente les caractéristiques mécaniques les plus avantageuses, un aspect esthétique agréable et une facilité d'entretien : c'est un matériau de construction particulièrement intéressant. En contrepartie de ces avantages, ce cylindre creux, par le fait même de son vide de matière, présentait une difficulté d'assemblage, qui l'a rendu longtemps impraticable.

En effet, l'application du tube, en tant que profilé de construction, n'est devenue possible qu'à partir du moment où la soudure à l'arc a pu lui donner toutes les garanties exigées. Dès cette période, la construction tubulaire a pris un immense essor et s'est affirmée dans tous les pays et notamment dans ceux où la pénurie d'acier oblige à l'économie.

Parmi les grands avantages de la construction tubulaire, la légèreté est la plus remarquée. Elle résulte avant tout des caractéristiques mécaniques du profil.

Ainsi, parce que la section annulaire est idéale par son rayon de giration, le tube offre une résistance optimum au flambement. On peut se rendre compte de cette supériorité dans le tableau de la figure 2 où les barres ont un poids approximativement égal et une même longueur de flambement.

Notre ami, l'ingénieur Henri Rivet, dans une étude approfondie sur les sections optima et la comparaison des profilés, a fait ressortir l'avantage du tube à l'aide d'une notion (facteur Z) plus représentative et plus juste que celle de Garbeaux. Cet avantage devient incontestable à partir d'un certain élancement des barres et cela est particulièrement le cas des charpentes légères. Un exemple frappant est celui d'un tube actuellement théorique, de dimension optimum (selon Dutheil). Ce tube, comparé à un rond de 2 mètres et de même section, supporterait la même charge sur près de 13 mètres de long.

Le tube fermé oppose aussi un maximum de résistance à la torsion. Ainsi, un tube qui serait fendu le long d'une génératrice ne présenterait plus que 1/30ᵉ de la résistance à la torsion et 1/300ᵉ de sa raideur. Un autre avantage réside dans l'effet aérodynamique de la forme cylindrique.

Le coefficient q de réduction des effets du vent sur un tube isolé est admis par les règles NV 46 pour la valeur de 0,6. La flexibilité, égale dans tous les sens du tube, est encore un avantage dans le cas des tours et des pylônes qui sont soumis à des effets dynamiques différemment alternés.

Enfin, cet ensemble de qualités : résistance au flambage, raideur, résistance à la torsion, résistance à la flexion égale dans tous les sens, qualités aérodynamiques, autorise, dans les constructions tubulaires, une très appréciable diminution de poids d'acier. Si l'on retient, de plus, que la plupart des assemblages de tubes permettent l'élimination quasi totale des goussets, fourrures, rivets ou boulons, etc., l'économie peut souvent se chiffrer jusqu'à 40 % de la matière.

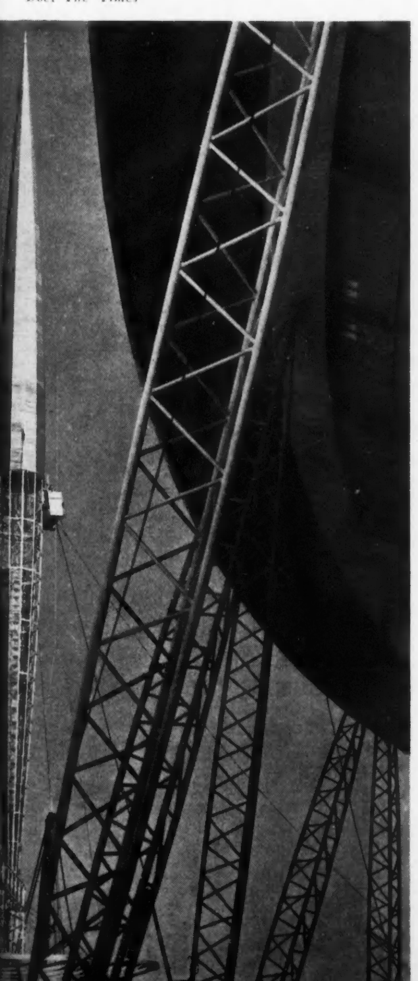
On peut donc dire que, grâce aux caractéristiques géométriques et plastiques de la section circulaire, le tube offre aujourd'hui aux constructeurs et aux plasticiens une riche gamme de possibilités constructives. Celles-ci sont aussi assouplies par l'échantillonnage le plus varié qui permet d'appliquer les sections les mieux appropriées et plus faibles, dans bien des cas, que celles admises dans les charpentes en profils laminés. De plus, la symétrie idéale de la section entraîne la concordance des axes des barres avec ceux de l'épure, d'où facilités dans l'étude et précision dans l'exécution. Enfin, la section circulaire permet facilement la composition dans l'espace des assemblages à barres multiples, dont l'intersection des axes est géométriquement exacte et centrée, leur position étant radiale.

La soudure permet de modeler les nœuds et de les rendre parfaitement rigides et étanches. Les barres tubulaires ainsi obturées sont protégées contre la corrosion intérieure.

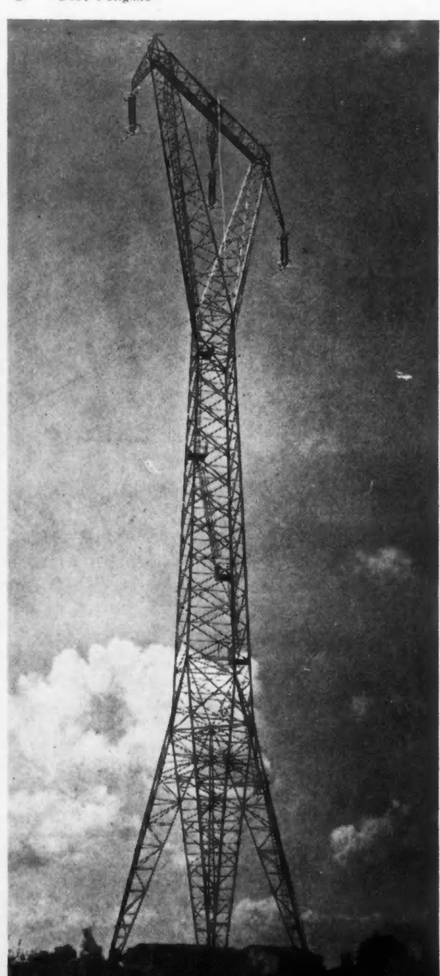
L'entretien des constructions tubulaires présente également des avantages : moins coûteux grâce à la surface réduite, et rendu plus facile et efficace par la forme même des éléments et leur finition. Elles se prêtent parfaitement à tous les systèmes de protection : les métallisations aussi bien que les traitements chimiques et thermiques et que les peintures.

Cependant il ne serait pas juste d'affirmer les avantages du tube dans la construction sans en relever les quelques inconvénients : prix du tube

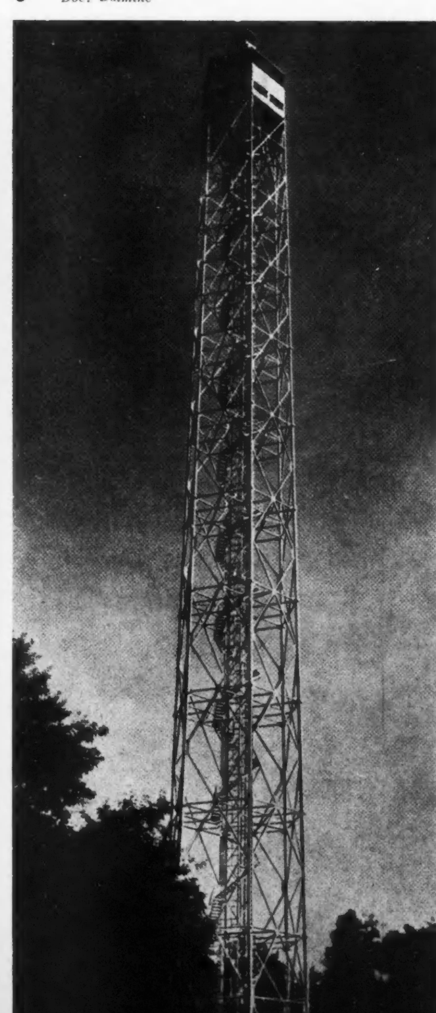
4 *Doc. The Times*

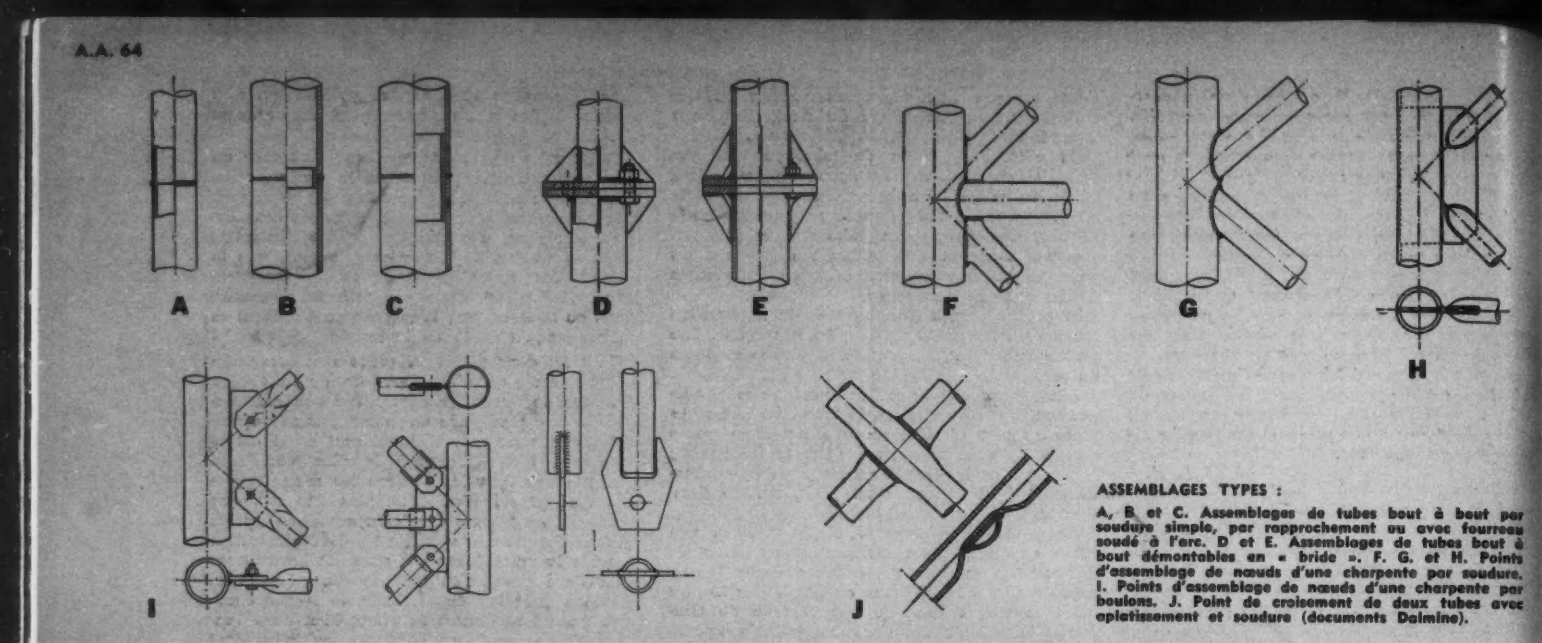


5 *Doc. Poligano*



6 *Doc. Dalmine*



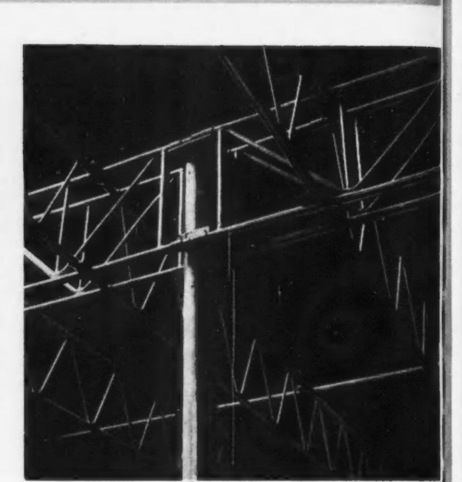


ASSEMBLAGES TYPES :

A, B et C. Assemblages de tubes bout à bout par soudure simple, par rapprochement ou avec fourreau soudé à l'arc. D et E. Assemblages de tubes bout à bout démontables en « bride ». F. G. et H. Points d'assemblage de nœuds d'une charpente par soudure. I. Points d'assemblage de nœuds d'une charpente par boulons. J. Point de croisement de deux tubes avec aplatissement et soudure (documents Dalmine).

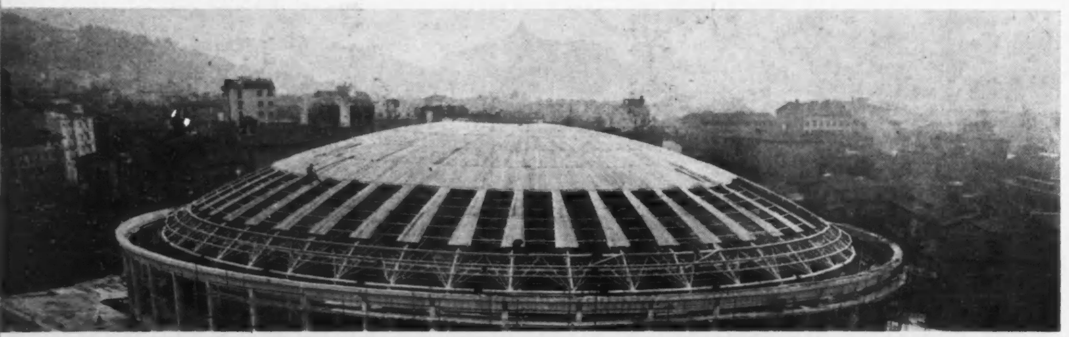
1 2



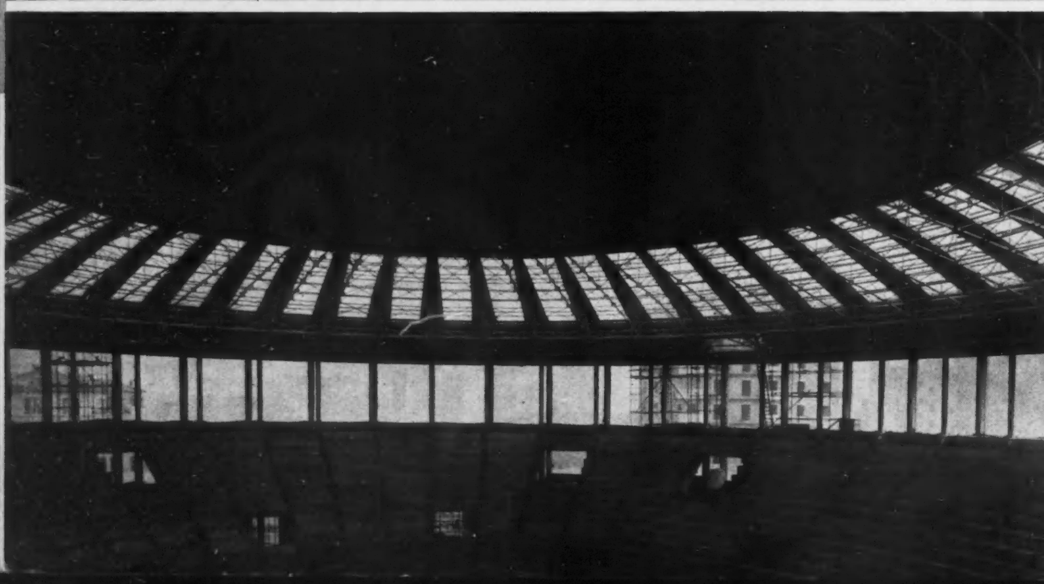


1. Point d'appui articulé (construction Tubétal). 2. Plancher démontable (construction Tubétal). Solution particulièrement élégante des points d'assemblage avec le tube porteur vertical. 3. Hall des sports à Bologne. Coupole sur plan elliptique réalisée entièrement en charpente tubulaire.

Photos Wall. Doc. Dalmine



3



plus élevé à l'achat que celui des laminés courants ; découpe difficile des assemblages, ceux-ci devant être soigneusement ouvrés ; emploi de la soudure, opération coûteuse.

Mais ces inconvénients sont aussi la rançon de la qualité de la structure tubulaire, qui paraît être la plus logique et d'une solution idéale pour de nombreuses applications dans le domaine de la technique de construction. En effet, les ossatures tubulaires sont les plus légères, les mieux adaptées à leurs fonctions multiples : de l'automobile à l'hélicoptère, du mât à la charpente.

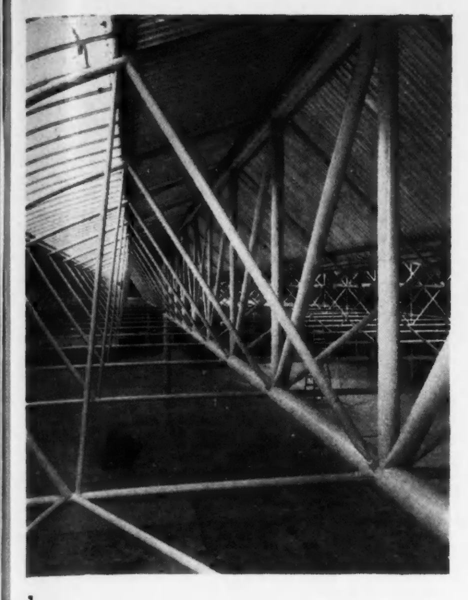
Chaque problème technique appelle son matériau, chaque matériau cherche sa forme qui lui assure une fonction optimum, et pour concevoir les structures tubulaires, il faut « penser tubulaire ».

Mais les créations les plus spectaculaires dans ce domaine sont les ossatures tubulaires de bâtiments (des foires-expositions jusqu'aux charpentes de toutes destinations, y compris les bâtiments publics — tels les halls et abris de gare, tribunes de stade, marchés couverts, etc.). Le tube permet une organisation esthétique de l'espace architectural et offre aux architectes et aux constructeurs des solutions nouvelles.

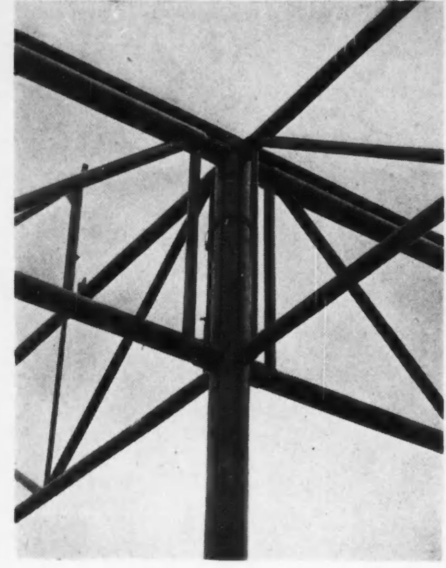
Les solutions basées sur la symétrie hexagonale, appliquées aussi bien dans les surfaces que dans les structures à trois dimensions, semblent ouvrir au profil tubulaire un des plus vastes domaines d'application.

C'est ce principe révolutionnaire qu'affirme le constructeur britannique Félix Samuely : « Dans les siècles futurs, les historiens considéreront l'époque présente comme celle où la construction a évolué du plan à l'espace, donnant ainsi naissance à une nouvelle architecture. »

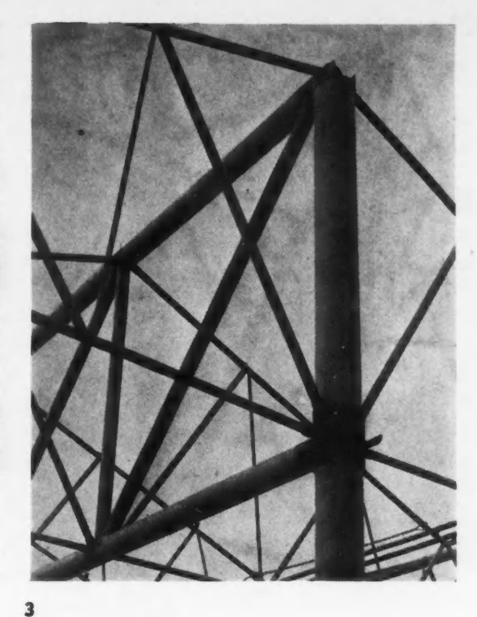
Stéphane DU CHATEAU.



1



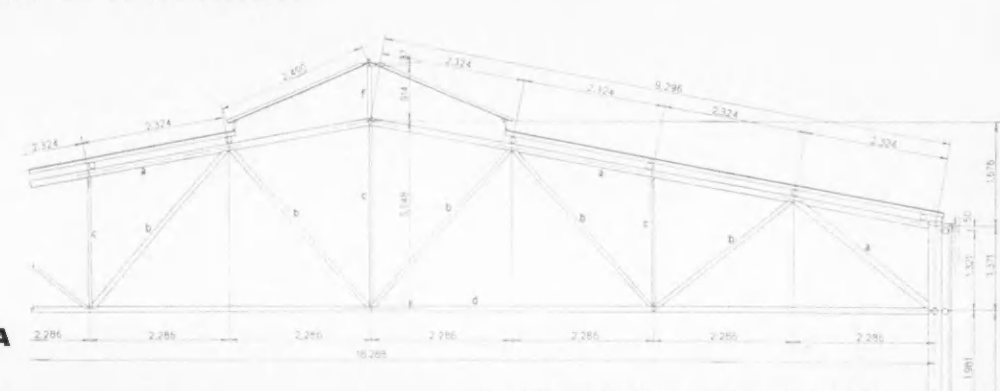
2

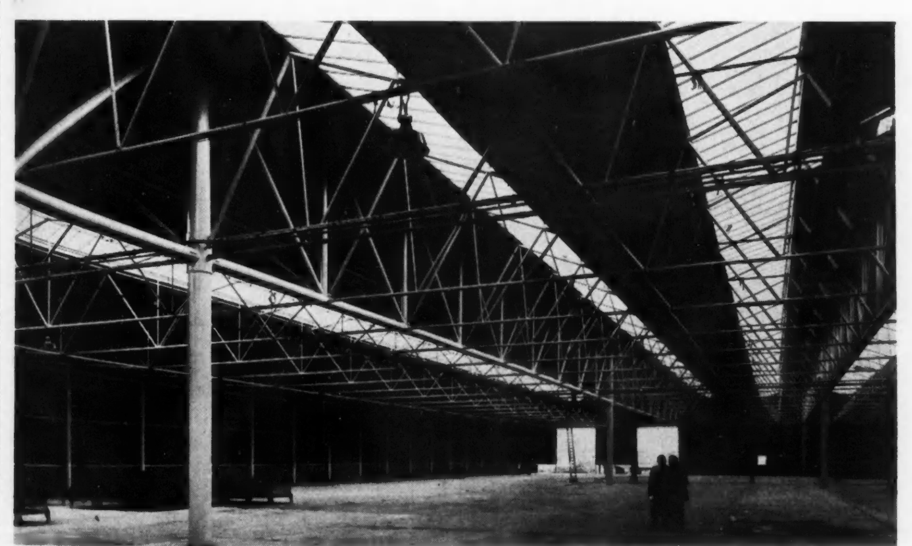


3

LE TUBE ÉLÉMENT DE STRUCTURE : USINES EN GRANDE-BRETAGNE

T. BEDFORD, INGÉNIEUR-CONSEIL





4

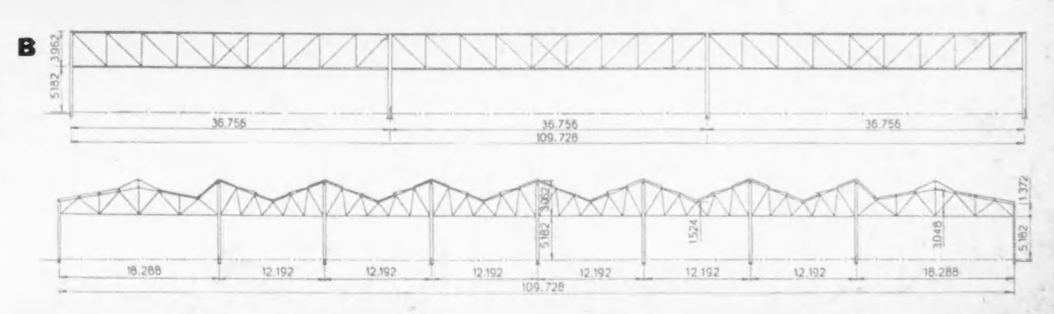
Parmi les réalisations en charpente tubulaire, très répandues en Grande-Bretagne, nous présentons ci-contre deux réalisations récentes : les usines de la Société Rotax à Hemel (fig. 2) et celles de la Tubewrights Ltd à Kirby, près de Liverpool.

Pour les usines de la Tubewrights, la surface exigée pour l'atelier principal était d'environ 12.000 m² avec un hall supplémentaire de 18,30 m. de large sur 56,4 m. de longueur. L'atelier principal de 110 m. sur 110 m., d'une hauteur de 5,20 m. sous chéneaux, comprend six halls intermédiaires de 12,20 m. plus les deux halls extrêmes de 18,30 m. de portée.

Les fermes de 12, 20 m. de portée sont du type à double versant vitré tandis que les halls extrêmes ont des fermes de 18,30 m. à faible pente avec lanterneau au faitage.

La toiture est en aluminium avec sous toiture isolée de deux couches de feutre ; les parois latérales sont fermées par des feuilles de métal garnies d'amiante.

La superstructure est une construction tubulaire soudée, seuls les fers à vitrage sont constitués de profils laminés. Tous les assemblages sont soudés. Les tubes furent livrés à pied d'œuvre, mis en dimensions et toute la construction soudée fut exécutée au chantier.



USINE DE TUBEWRIGHTS :

1. Charpente de la toiture. Au premier plan, nœud d'éléments assemblés par soudure. 3. Charpente de l'atelier principal. Détail de l'assemblage d'une poutre maitresse et d'une colonne. 4. Vue intérieure de l'atelier principal.

A. Détail d'une poutre en treillis tubulaire, d'une portée de 18,30 m. B. Coupes tranversale et longitudinale sur la charpente métallique.

USINE ROTAX :

2. Vue d'un nœud de la charpente, prêt pour les travaux de soudure.

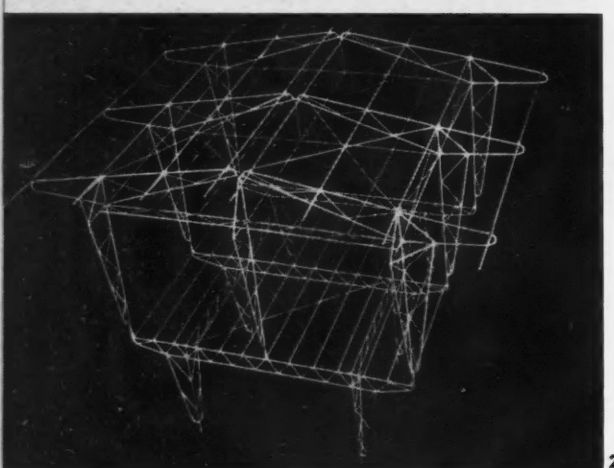


LE TUBE, ÉLÉMENT DE STRUCTURE

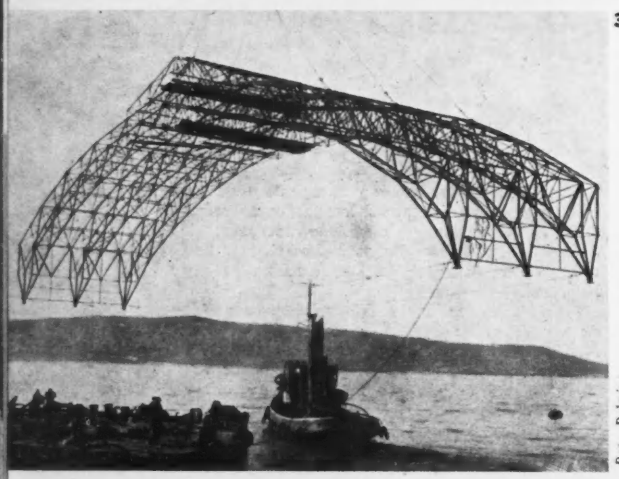


Photo F.S. Quires

1

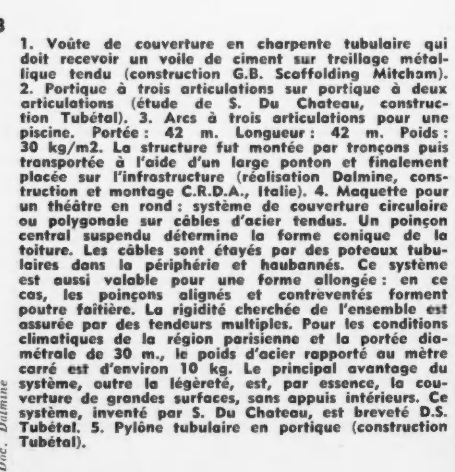


2



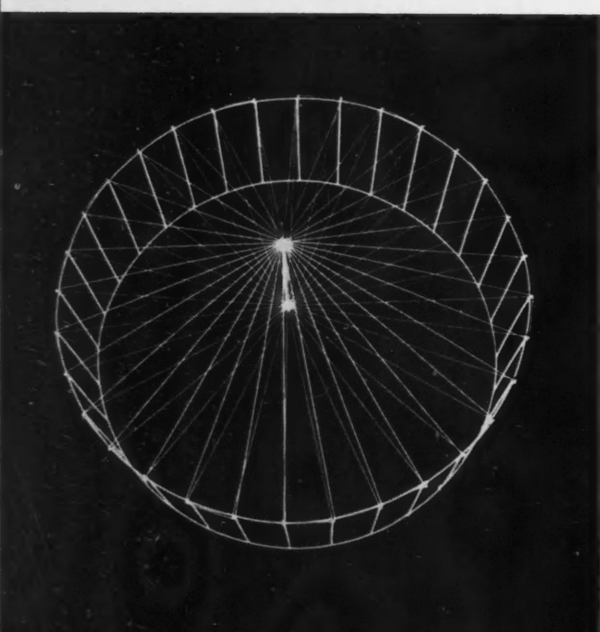
Doc. Dalmine

3

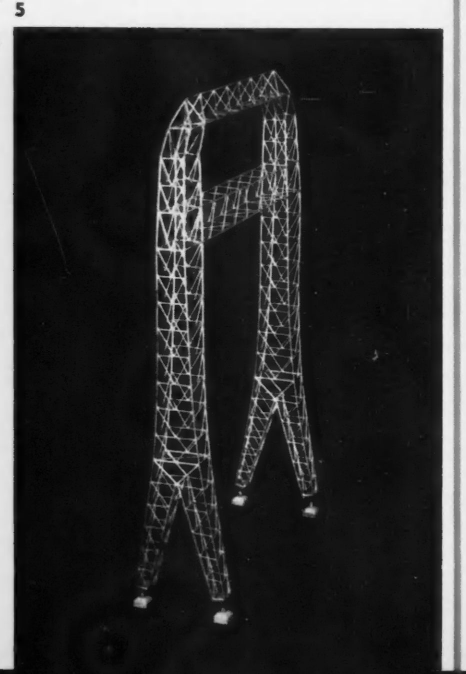


1. Voûte de couverture en charpente tubulaire qui doit recevoir un voile de ciment sur treillage métallique tendu (construction G.B. Scaffolding Mitcham). 2. Portique à trois articulations sur portique à deux articulations (étude de S. Du Chateau, construction Tubétal). 3. Arcs à trois articulations pour une piscine. Portée : 42 m. Longueur : 42 m. Poids : 30 kg/m2. La structure fut montée par tronçons puis transportée à l'aide d'un large ponton et finalement placée sur l'infrastructure (réalisation Dalmine, construction et montage C.R.D.A., Italie). 4. Maquette pour un théâtre en rond : système de couverture circulaire ou polygonale sur câbles d'acier tendus. Un poinçon central suspendu détermine la forme conique de la toiture. Les câbles sont étayés par des poteaux tubulaires dans la périphérie et haubannés. Ce système est aussi valable pour une forme allongée : en ce cas, les poinçons alignés et contreventés forment poutre faîtière. La rigidité cherchée de l'ensemble est assurée par des tendeurs multiples. Pour les conditions climatiques de la région parisienne et la portée diamétrale de 30 m., le poids d'acier rapporté au mètre carré est d'environ 10 kg. Le principal avantage du système, outre la légèreté, est, par essence, la couverture de grandes surfaces, sans appuis intérieurs. Ce système, inventé par S. Du Chateau, est breveté D.S. Tubétal. 5. Pylône tubulaire en portique (construction Tubétal).

4



5



En attendant la réalisation de la future gare Montparnasse, la S.N.C.F. a été amenée à envisager, dans l'immédiat, un grand abri devant servir à protéger la plate-forme transversale qui est perpendiculaire aux voies.

L'abri a été conçu en deux parties distinctes : l'une provisoire (constructions en sheds à réutiliser), l'autre définitive, qui protège, sur le quai frontal, la partie donnant directement accès aux quais.

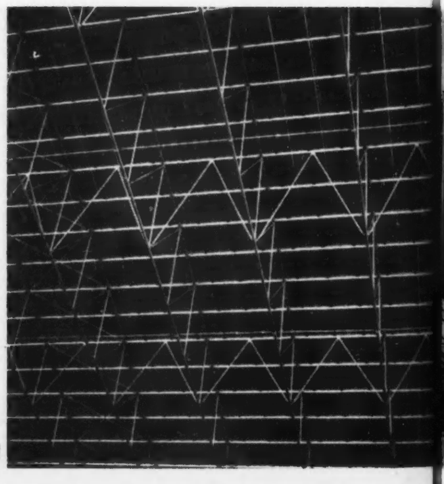
La forme de l'ouvrage définitif était avant tout conditionnée par la nécessité d'éclairer convenablement de jour l'étendue couverte et l'obligation d'assurer un éclairement diurne à partir du premier étage de la future gare.

C'est pour répondre à ces impératifs, que fut adopté le principe du shed. Il prend naissance au niveau du premier étage de la construction à réaliser, et d'une seule portée de 22 mètres s'élance vers les voies, permettant à la lumière de pénétrer au-dessus des abris de quais en béton. La partie vitrée du shed est une paroi verticale préférable, ici, aux vitrages inclinés.

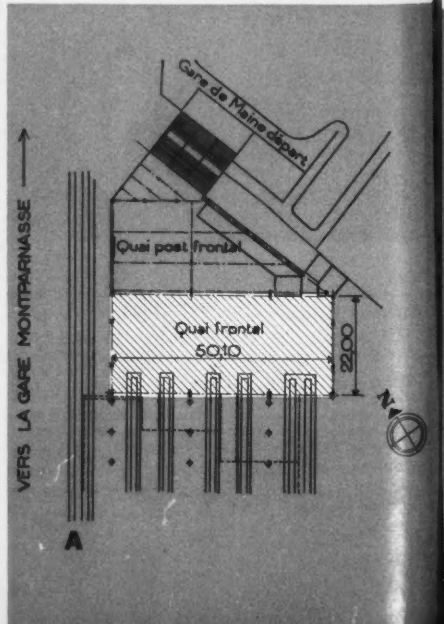
Parmi les éléments intervenus dans le choix du type de la charpente, prix et rapidité d'exécution, devaient être déterminants. La charpente métallique fut retenue de préférence au béton armé, parce qu'elle entraîne le plus souvent des dépenses acceptables, eu égard aux avantages qu'elle procure, notamment en ce qui concerne les délais d'exécution. En effet, il était intéressant de préfabriquer des éléments dont la pose serait faite rapidement, sans interrompre le trafic de la plate-forme.

Le programme des travaux qui prévoyait le prolongement des abris des quais actuels en béton armé, a imposé la construction en dur, jusqu'à la cote du premier étage, des appuis périphériques en béton armé formant un cadre sur poteaux.

Pour l'étage supérieur, l'étude a conduit à



1



l'adoption de la charpente tubulaire soudée ; ce système répondant à la fois aux caractéristiques morphologiques exposées ci-dessus et au souci de réaliser, pour la couverture de cet espace de plus de 1.000 m², sans appuis intermédiaires, une ossature légère, d'aspect agréable et aussi d'un prix abordable.

La charpente, appuyée sur son périmètre en béton, est caractérisée par le système ferme-shed à trois articulations, dont le côté versant est formé par une traverse parabolique à treillis en V, et le côté verrière par une béquille verticale articulée en tube simple.

Les contreventements des pans de toiture se placent toutes les quatre travées en croisillons tendus. Les membrures inférieures des fermes sont raidies par des contrefiches s'appuyant sur pannes et par des barres horizontales.

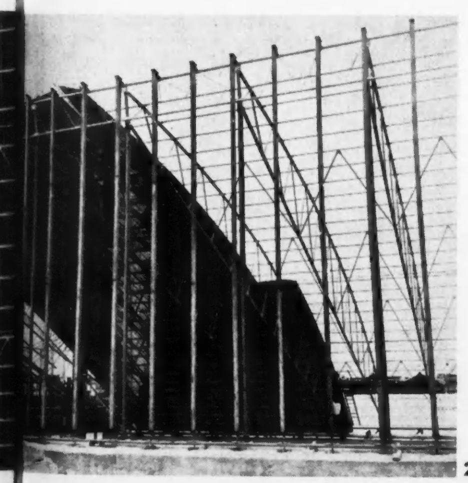
Deux poteaux aux extrémités du long-pan, encastrés et chaînés en tête par une poutre tripode de translation de 50 mètres, assurent la stabilité longitudinale. Cet ensemble forme le cadre de la verrière, dégagée ainsi de tout élément oblique.

Enfin, cette construction Tubetal est réalisée en tubes soudés par rapprochement (tarif I) des diamètres : 50/60 pour les membrures de fermes, 26/34 pour le pannelage, et 21/27 pour les treillis. Les béquilles seules sont en tube étiré de diamètre 83/3,25. Poids total : 18 tonnes. Durée de montage : 3 semaines.

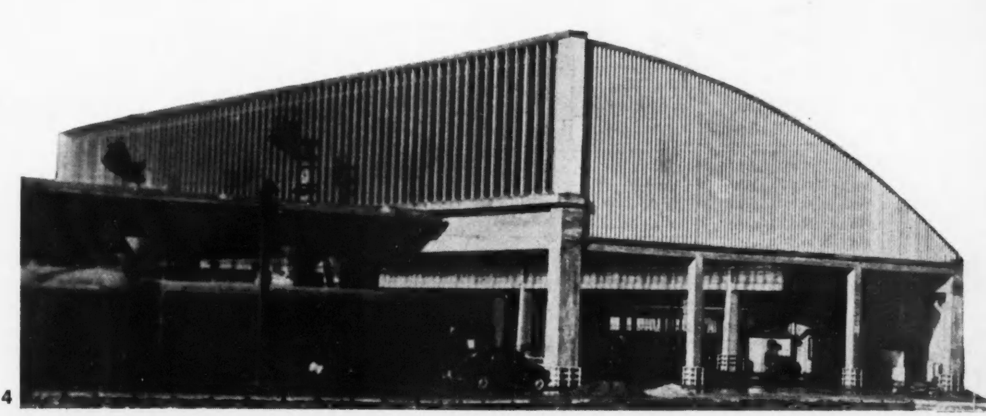
La couverture est en bacs d'aluminium de 12 × 0,63 m. posés sur des pannes espacées de 0,80 mètre recouvertes d'isolation en vinyl ; les pignons sont bardés en tôle d'aluminium strié profilée. La verrière verticale en système « Aluminex » mesure près de 300 mètres carrés ; les supports en acier soudé en « T » comportent une articulation à la base et une double articulation en tête pour assurer l'indépendance des deux structures à la dilatation.



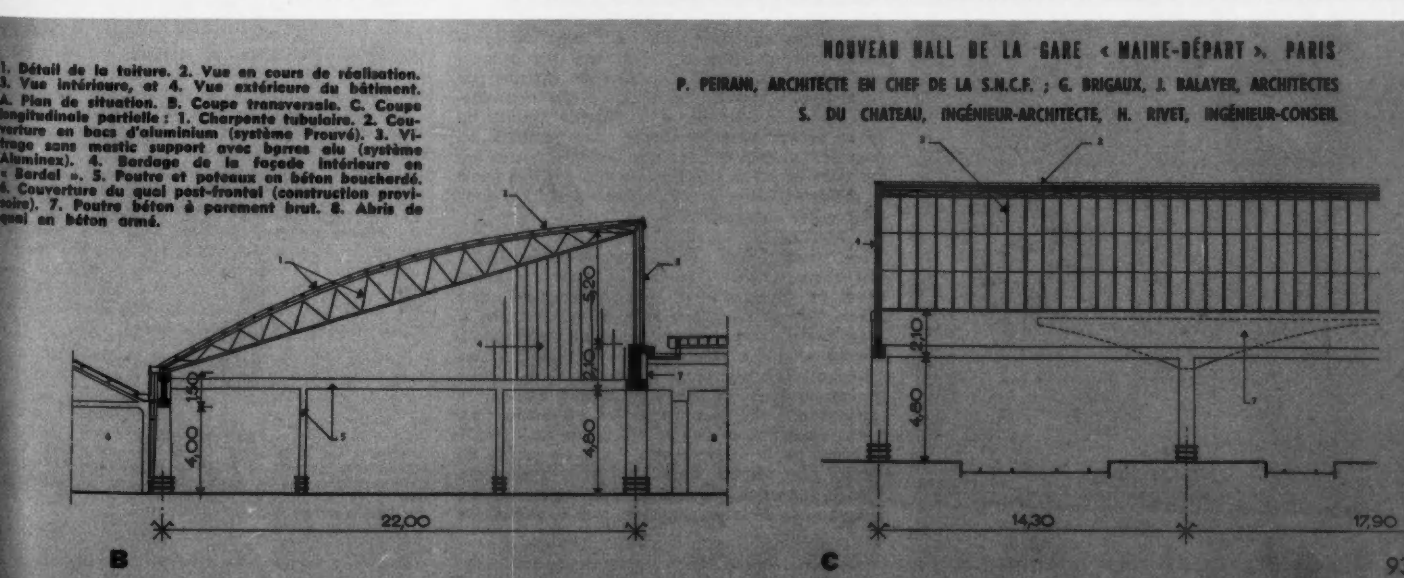
3 *Photo Delille. Doc S.N.C.F.*



2



4



1. Détail de la toiture. 2. Vue en cours de réalisation. 3. Vue intérieure, et 4. Vue extérieure du bâtiment. A. Plan de situation. B. Coupe transversale. C. Coupe longitudinale partielle : 1. Charpente tubulaire. 2. Couverture en bacs d'aluminium (système Prouvé). 3. Vitrage sans mastic support avec barres alu (système Aluminex). 4. Bardage de la façade intérieure en « Bardal ». 5. Poutre et poteaux en béton bouchardé. 6. Couverture du quai post-frontal (construction provisoire). 7. Poutre béton à parement brut. 8. Abris de quai en béton armé.

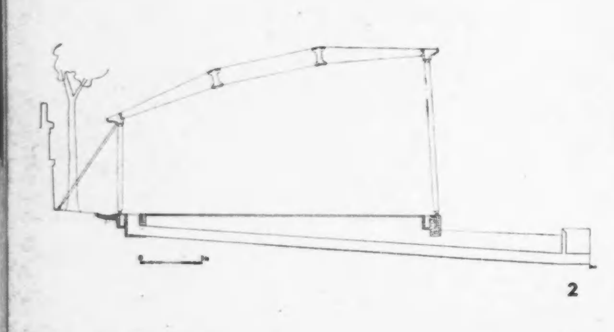
NOUVEAU HALL DE LA GARE « MAINE-DÉPART », PARIS

P. PEIRANI, ARCHITECTE EN CHEF DE LA S.N.C.F. ; G. BRIGAUX, J. BALAYER, ARCHITECTES
S. DU CHATEAU, INGÉNIEUR-ARCHITECTE, H. RIVET, INGÉNIEUR-CONSEIL



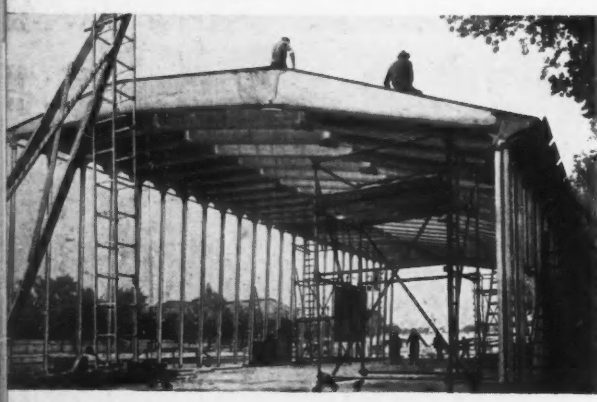
1

HALL D'EXPOSITION EN ALUMINIUM, PARIS



2

3



Ce bâtiment, qui abrita, en 1954, l'Exposition du Centenaire de l'Aluminium, a été l'occasion d'une démonstration des qualités constructives du métal léger (utilisation de tôles pliées et d'éléments spéciaux en aluminium fondu). Ce pavillon a d'ailleurs été remonté depuis pour d'autres manifestations.

Plusieurs projets avaient été établis par Jean Prouvé avant d'arriver à la solution définitivement adoptée : poutres continues en arc brisé supportées par des poteaux articulés, hauts de 7 m 60 à l'avant et de 4 m 60 à l'arrière, ces derniers étant contreventés par des contrefiches obliques disposées à l'extérieur.

LES POUTRES

Le bâtiment se compose de la répétition de 114 fermes semblables, donnant une longueur totale de 150 m. Chaque ferme est constituée par une poutre, deux poteaux et une contrefiche disposée seulement tous les trois modules. La poutre en forme de gouttière, d'une longueur totale de 16,45 m, avec un écartement entre axes d'articulation des poteaux de 15,20 m, est un arc en forme de solide d'égale résistance composé de trois gouttières en tôle d'A-G 3 demi-dur roulée, longues chacune de 5 mètres, avec une hauteur maximum de 0,80 m.

Les gouttières centrales et latérales sont réunies pour constituer une poutre continue au moyen de coquilles moulées en A-S 13 formant des demi-pièces d'assemblage (7,5 kg), une sur chaque face ; la liaison coquille-gouttière est obtenue par de multiples boulons de 8 mm à tête goutte-de-suif. Pour empêcher les gouttières de s'ouvrir ou de se fermer sous la charge, leur partie supérieure est entretoisée par une traverse fondue au droit des coquilles d'assemblage et par des ponts en omégas pliés en A-G 5, espacés de 1,25 m dans les sections intermédiaires.

LES POTEAUX

Les poteaux sont des profilés en alliage A-SG filé, trempé, revenu, de section élémentaire ouverte, en forme d'U à branches courbes, mais réunis deux à deux par leurs ailes, de façon à constituer un corps creux de section approximativement elliptique. L'assemblage est réalisé par soudage électrique par points. Sur la façade arrière, la longueur n'atteignant que 4,24 m, le moment d'inertie pour tenir au flambage est moins important et l'on a utilisé un seul profilé standard en le fermant avec un autre profilé de section plus réduite. Seuls, les poteaux disposés dans le plan des contrefiches d'arcboutement sont composés de deux profilés standard, en raison des efforts importants qu'ils supportent. A leur partie inférieure, tous les poteaux sont articulés par des axes de 20 mm sur des supports en Alpax, à large embase, fixés par deux boulons de 14 mm dans des rainures spéciales noyées dans la dalle en béton aménagée pour constituer le sol du bâtiment. Les poteaux côté Seine ont un fruit relativement important de 6,5 %, ce qui incline la façade ; les poteaux côté quai d'Orsay sont verticaux.

COUVERTURE

La toiture entre deux poutres consécutives est réalisée au moyen de trois « tuiles » qui sont des bandes de tôle en A-G 3 demi-dur, de 16/10 mm d'épaisseur, légèrement galbées (flèche de 30 mm au centre).

L'assemblage longitudinal étanche des tuiles est obtenu par des joints debout, à emboîtement. Leur fixation sur des poutres est réalisée par des boulons spéciaux à crochet qui s'engagent sur des pattes rivées aux poutres. La couverture, poutres, tuiles et crochets, représente un poids de 44.100 kg pour une surface de 2.430 m², soit 18,2 kg/cm².

FAÇADES ET PIGNONS

Les pignons sont entièrement vitrés ; la façade sur la Seine est revêtue partie en vitres, partie en panneaux d'aluminium A 5, la disposition des vitres et du métal alternant suivant un rythme qui dépend de l'éclairage intérieur que l'on veut obtenir et des zones d'ombre que l'on désire ménager, ainsi que de l'effet décoratif extérieur.

Les vitres et les panneaux ont mêmes dimensions et sont, par conséquent, interchangeables à volonté. Les panneaux en tôle A 5, de 8/10 d'épaisseur, sont à petites ondulations disposées verticalement.

Pour empêcher le bâtiment de se gauchir sous des efforts latéraux dus au vent, une série de câbles de 7,2 mm de diamètre tracent des diagonales dans la partie médiane de la toiture. Sur cinq travées de 4 m, à chacune des extrémités, des tubes de contreventement, disposés sous les tuiles, absorbent les compressions.

(Extraits d'un article de M. Maurice Victor paru dans le n° 216 de « La Revue de l'Aluminium ».)

1. Façade sur la Seine. 2. Coupe schématique. 3. Vue en cours de montage. 4. Intérieur du pavillon. 5. Pignon avec entrées. 6. Les poutres en attente. 7. Montage des tuiles. 8. Montage des vitres et des panneaux d'alliage léger en façade.

1

ır partie
par des
Alpax, à
14 mm
la dalle
sol du
un fruit
i incline
ay sont

ives est
qui sont
dur, de
s (flèche

uiles est
ent. Leur
des bou-
sur des
poutres,
ids de
m², soit

façade
, partie
tion des
rythme
on veut
désire
xtérieur.
dimen-
ables à
le 8/10
isposées

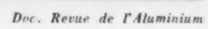
nir sous
érie de
s diago-
ure. Sur
rémités,
ous les

or paru
a ».)

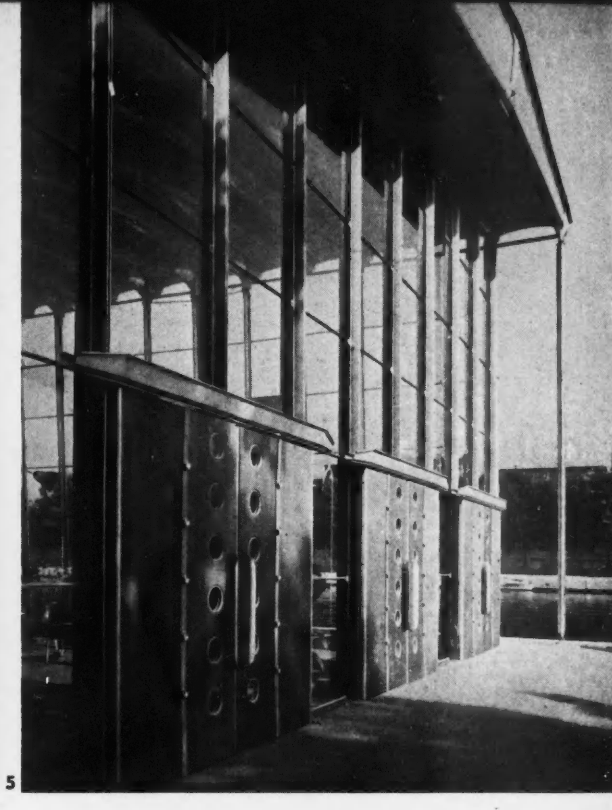
3. Vue
. Pignon
Montage
anneaux



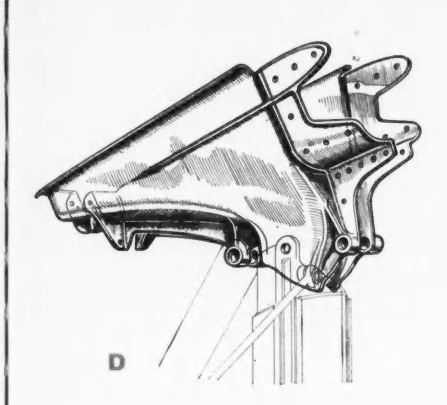
4

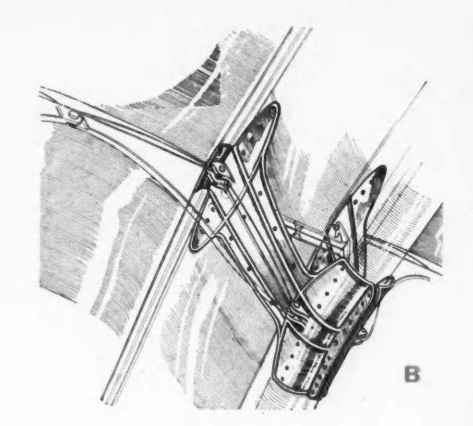


Doc. Revue de l'Aluminium



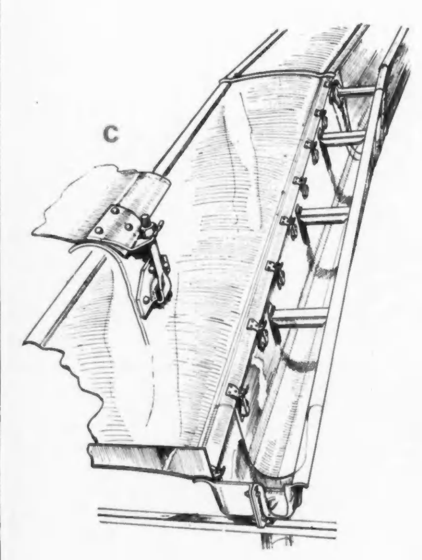
5

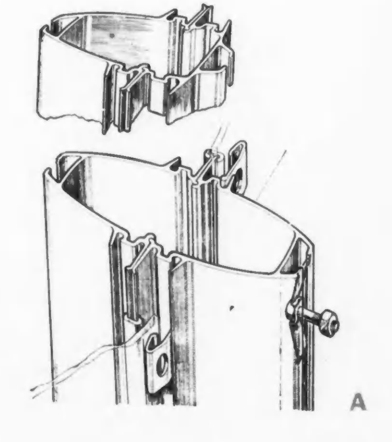






6





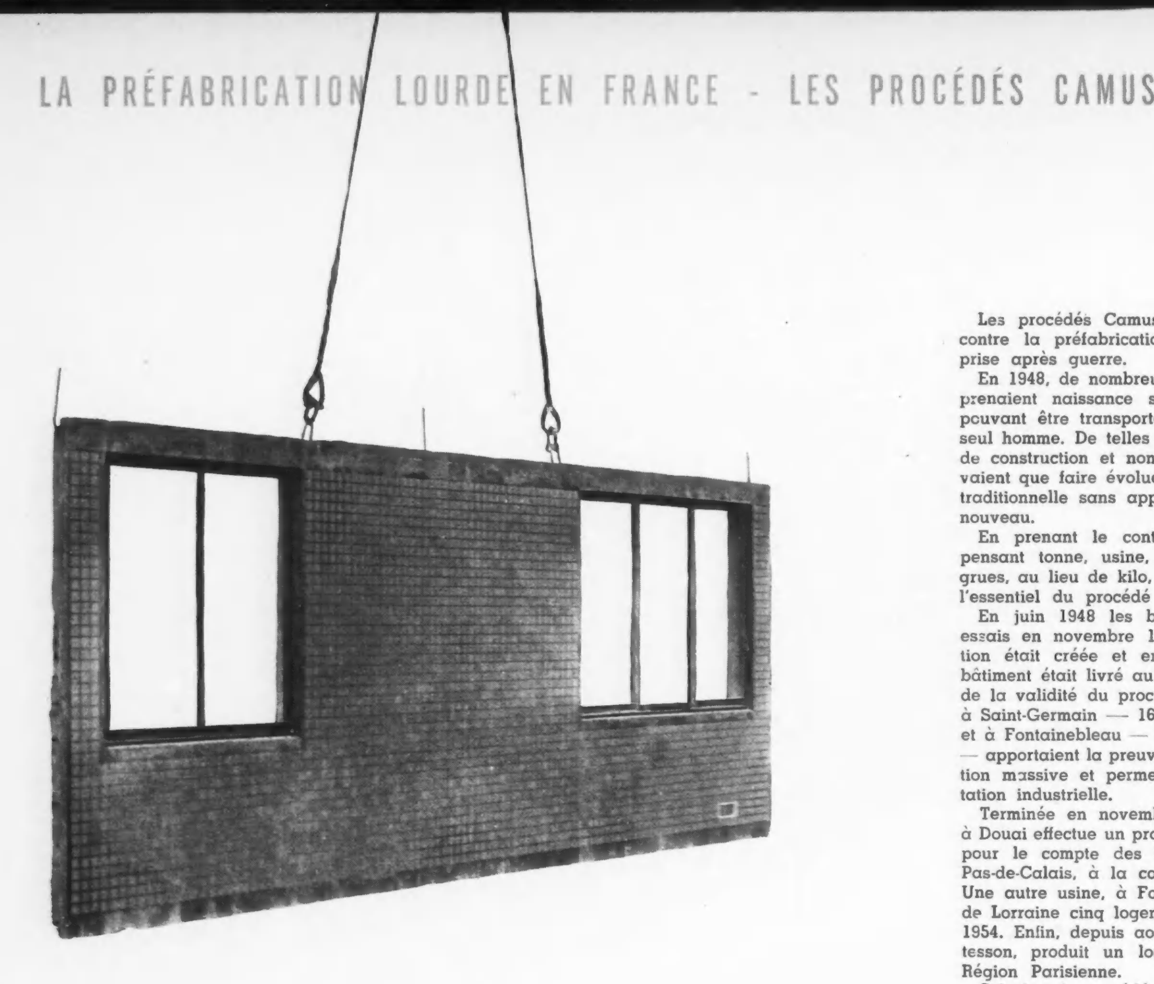
A. Section des profilés des poteaux. B. Elément d'assemblage de poutres. C. Vue d'une poutre et des tuiles avec détail de fixation de ces dernières. D. Elément d'about de poutre.

7

8



LA PRÉFABRICATION LOURDE EN FRANCE - LES PROCÉDÉS CAMUS



On sait que la construction de logements selon les systèmes dits de préfabrication lourde (de une à six tonnes) a fait l'objet de recherches diverses, et plus particulièrement en U.R.S.S., depuis de nombreuses années.

En France, cette méthode d'industrialisation a été créée par Raymond Camus, ingénieur et constructeur, qui a poursuivi inlassablement la mise au point du système et son exploitation à l'échelle industrielle.

Le procédé Camus a rencontré auprès des Pouvoirs Publics un accueil favorable et de très importants ensembles ont été exécutés ou sont en cours d'exécution avec ce procédé.

La plupart de ces chantiers ont été réalisés en adaptant des installations d'usines existantes mais, récemment, une usine a été créée près de Douai, une à Forbach et une autre à Montesson, dans la région parisienne. La capacité de cette dernière est d'un logement à l'heure et elle peut approvisionner des chantiers dans un rayon de 50 kilomètres.

Il semble qu'au stade actuel, le procédé ait atteint un degré de rendement qui serait supérieur à tout ce qui a pu se faire dans ce domaine à l'étranger, y compris en U.R.S.S.

Nous sommes néanmoins obligés de constater que, malgré l'intérêt technique évident des méthodes employées, celles-ci n'ont pas encore trouvé, sauf en de très rares exceptions, une expression architecturale valable qui devrait nécessairement découler d'études de plans et de masses conduites en fonction du procédé.

←

UN PLAN TYPE

L'usine de Montesson a été créée pour exécuter un programme de 4.000 logements pour le compte du M.R.L. avec MM. Camelot, Crevel, de Mailly, Ricome et Zehrfuss, architectes, et MM. Lods et Cammas, architectes coordinateurs.
Ce programme comprend deux types de bâtiments orientés respectivement Est-Ouest et Nord-Sud, chacun comportant trois types de cellules. Les cellules Est-Ouest sont construites sur cinq ou neuf niveaux, les cellules Nord-Sud sur cinq niveaux. Les bâtiments résultent du groupement de ces différentes cellules.
Le parti constructif est à refends et murs porteurs. Planchers dalles faisant saillie de 25 cm en façade pour former bandeau ou de 1,40 m pour former balcons. Des trames de 2,60 et 3,32 ont été adoptées.

Les procédés Camus naquirent d'une réaction contre la préfabrication telle qu'elle était comprise après guerre.

En 1948, de nombreux procédés de construction prenaient naissance sur le principe d'éléments pouvant être transportés et mis en place par un seul homme. De telles recherches sur le matériau de construction et non sur la technique ne pouvaient que faire évoluer lentement la construction traditionnelle sans apporter un moyen réellement nouveau.

En prenant le contre-pied de cette idée, en pensant tonne, usine, pont roulant, tracteurs et grues, au lieu de kilo, parpaing, truelle, brouette, l'essentiel du procédé Camus était trouvé.

En juin 1948 les brevets étaient pris. Après essais en novembre 1949 une société d'exploitation était créée et en février 1951 un premier bâtiment était livré au Havre. Après cette preuve de la validité du procédé, les constructions faites à Saint-Germain — 165 logements en six mois — et à Fontainebleau — 280 logements en huit mois — apportaient la preuve des possibilités de production massive et permettaient d'envisager l'exploitation industrielle.

Terminée en novembre 1953, une usine située à Douai effectue un programme de 4.000 logements pour le compte des Houillères du Nord et du Pas-de-Calais, à la cadence de quatre par jour. Une autre usine, à Forbach, livre aux Houillères de Lorraine cinq logements par jour depuis mars 1954. Enfin, depuis août 1955, une usine, à Montesson, produit un logement à l'heure dans la Région Parisienne.

Principe du procédé : Les murs, cloisons, refends et planchers d'une pièce d'habitation sont fabriqués en usine, en un seul élément. Chaque panneau comporte, à la fabrication, son revêtement définitif, les trous pour scellement ou passages de canalisations, les canalisations elles-mêmes lorsqu'elles sont incorporées, les fenêtres et portes, et toutes les modénatures, de façon à ne laisser après transport et montage au chantier, qu'un travail de liaison simple et préparer au maximum l'intervention des différents corps d'état.

Les moyens : Une usine de fabrication, un parc automobile de transport et des engins de levage sur le chantier.

L'usine : C'est l'ampleur et la durée des programmes à réaliser qui déterminent l'évolution des usines. Centre expérimental au Havre, provisoire pour Saint-Germain et Fontainebleau. Centre définitif à Douai, Forbach et Montesson.

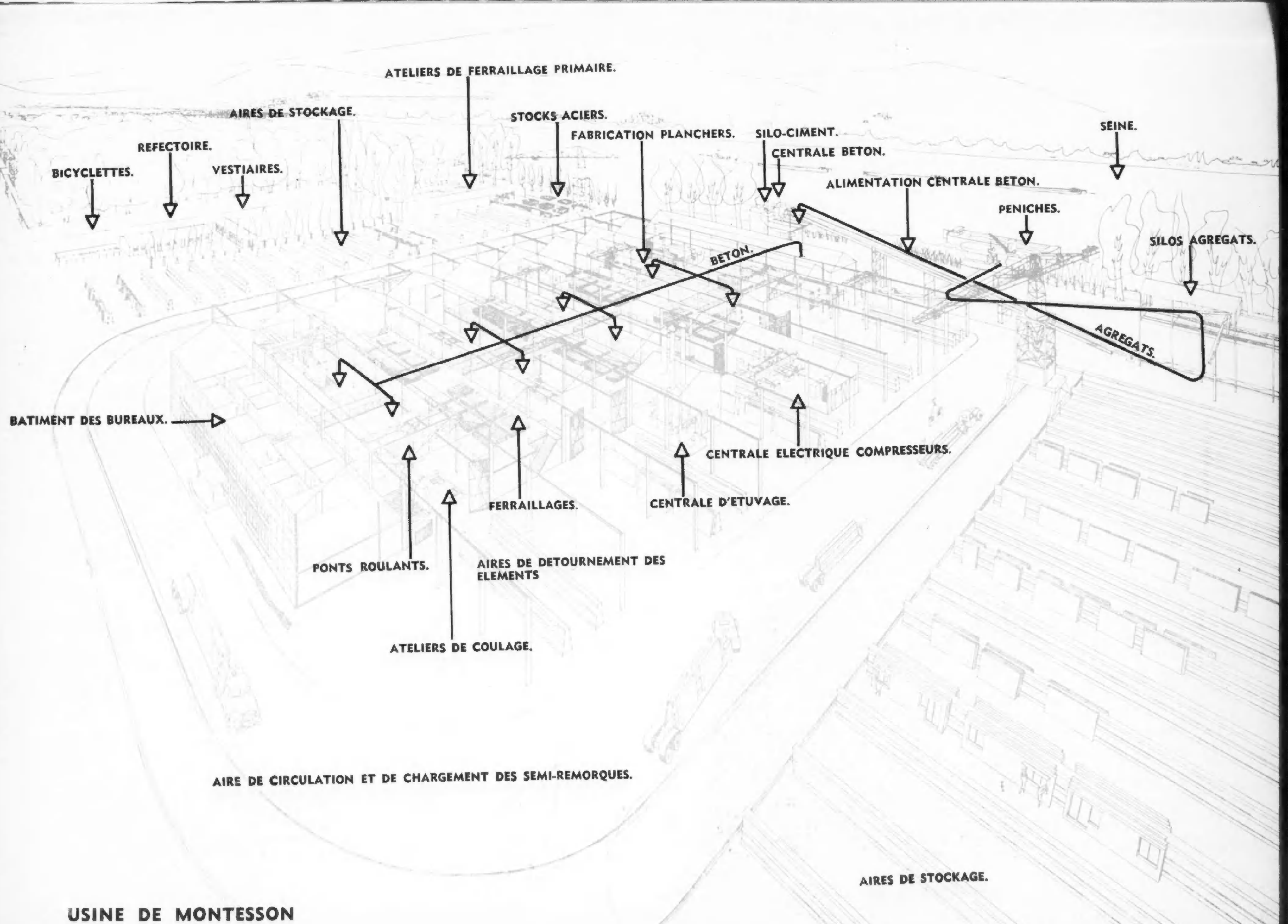
L'usine de Montesson est la dernière en date et la plus puissante des usines exploitant le procédé Camus. Construite entre octobre 1954 et mai 1955, elle fonctionne depuis le mois de juin.

Implantée sur un terrain de 5 hectares situé sur le bord de la Seine, elle a une surface couverte de 7.000 m². Les bâtiments sont composés de dix travées juxtaposées de 15 m. de large et de 46 m. de long. Sur ces dix travées, l'une est réservée aux bureaux, cinq à la fabrication et quatre, intercalées entre les cinq de fabrication, au stockage des matériaux et des éléments à incorporer dans les panneaux. Sur les quatre dernières travées, au premier étage, se fait, sur gabarit, l'assemblage des ferraillages des éléments.

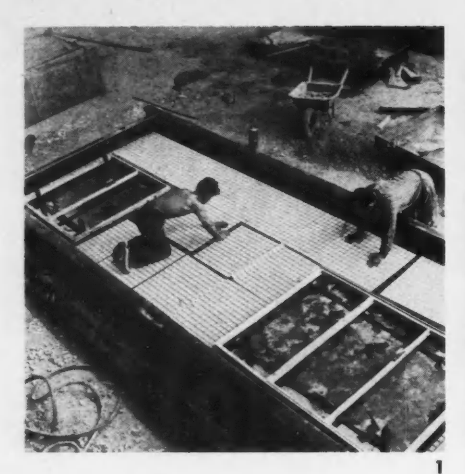
La fabrication des pièces composites, comme les murs et les planchers carrelés, se fait horizontalement dans les trois premières travées.

Sur une table métallique sont disposés les coffrages périphériques de l'élément, les coffrages des trémies et, pour les murs, les moules et contre-moules enserrant les fenêtres.

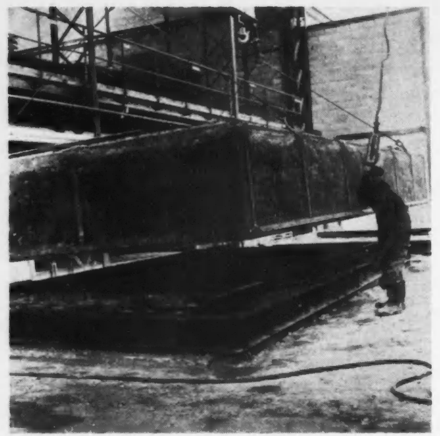
Les différents constituants de l'élément sont coulés ou posés successivement et la surface supérieure est lissée à l'aide d'une règle prenant appui sur les bords des moules. Quand la coulée est terminée, la table est coiffée par une cloche mobile et l'étuvage est branché.



USINE DE MONTESSON



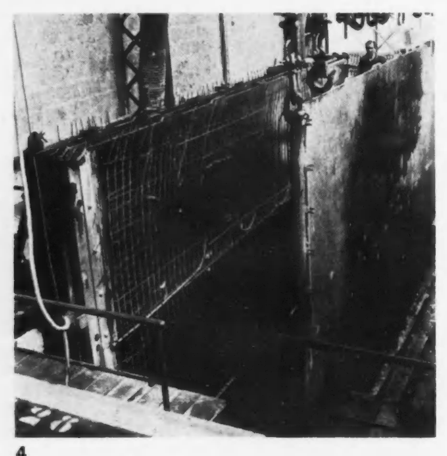
1



2



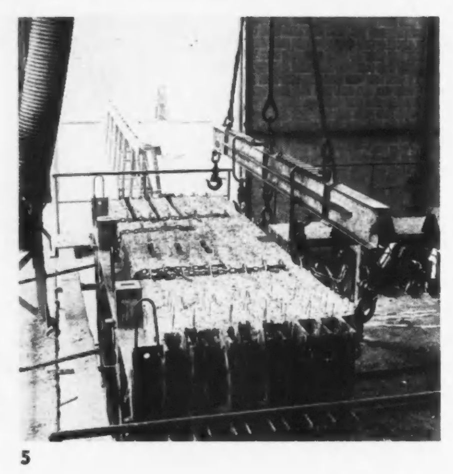
3



4

USINE

1. Fabrication d'un mur de façade avec menuiseries métalliques incorporées et revêtement en carreaux de céramique 5 × 5. 2. Etuvage. 3. Démontage par relèvement du plateau. 4. Fabrication des dalles plancher et mise en place des armatures. 5. Coulée simultanée entre plaques d'acier de dalles de planchers. 6. Parc de stockage. 7. Transport des dalles.



5



6



7

Après levage de la table et expédition du panneau, le moule est libéré pour la fabrication de l'élément suivant. Dans les trois travées sont disposées 24 tables de moulage qui produisent 50 panneaux par jour, pour un poste de travail de huit heures.

La fabrication des éléments composés d'une seule qualité de béton, comme les refends, cloisons et planchers non carrelés, se fait dans les deux autres travées de fabrication, entre des coffrages verticaux par banchage en série. Ces coffrages sont constitués par des tôles de 25 mm d'épaisseur dont l'écartement, correspondant à l'épaisseur de l'élément, est obtenu par le coffrage périphérique.

Plusieurs coffrages sont ainsi groupés en batterie et chaque batterie est coulée en une seule opération. Dans les deux travées sont placées huit batteries qui produisent par jour, en un seul poste, une centaine d'éléments.

Après relevage des tables ou démontage des batteries, les éléments sont sortis par pont roulant et stockés provisoirement sur une aire de défournement d'où ils sont repris par une grue et mis au parc de stockage.

Le plan de cette usine a été étudié pour éviter les croisements de circulation (v. p. 97). Tous les agrégats reçus par péniche sont pris par un ponton-grue, versés dans un trémis recette, transportés jusqu'aux silos et des silos jusqu'à la centrale à béton par tapis roulant. La centrale à béton alimente les bennes qui transportent le béton par wagonnets jusqu'aux tables et, par des canalisations directes, expédie le béton par l'air comprimé dans les batteries. Chaque demi-travée, comportant quatre tables de travail ou deux batteries, a son propre pont roulant. Elle reçoit de l'étage le ferraillage ; par le grand axe de l'usine les bétons et mortiers et, de chaque côté, les constituants particuliers des panneaux. Les éléments finis sont évacués vers l'extérieur. Les voies des ponts roulants et des grues de stockage sont disposées de façon à permettre le remplacement rapide d'un engin en panne.

Les transports : Les nouvelles dispositions du code de la route ont été utilisées au maximum, de façon à réduire le plus possible le nombre de voyages. Chaque voyage permet le transport de 24 tonnes, soit 7 panneaux en moyenne, ce qui correspond à deux voyages et demi par logement. Sept tracteurs de 175 CV et seize remorques assurent le travail dans le rayon actuel de distribution limité à 22 km. Le rayon d'action pourrait aller jusqu'à 50 km.

Montage : Le montage des éléments se fait par des grues de 80 t/m qui prennent directement les panneaux sur les semi-remorques pour les poser à l'endroit où ils doivent être mis en œuvre. Ils y sont maintenus par des haubans et des étais.

Après réglage, on coule du béton dans les alvéoles qui se trouvent ménagées à la jonction des panneaux. On réalise ainsi, grâce aux fers en attente et aux armatures des poteaux ou chaînages posés sur place, une liaison des panneaux, l'ensemble terminé présentant une structure caissonnée en béton armé. Il ne reste plus qu'à exécuter quelques finitions aux raccordements des arêtes des panneaux. Il n'y a pas d'échafaudages et les coffrages sont réduits aux cornières posées à l'angle des jonctions de panneaux.

Les grues peuvent tourner sur un faible rayon et un jeu de plaques de virement permet d'éviter leur montage et démontage pour passer d'un bâtiment à l'autre. Chaque grue pose de 30 à 45 panneaux par jour.

Planning : Il est bien évident qu'un processus industriel comme celui-ci ne peut fonctionner qu'avec un planning rigoureux auquel sont soumises les différents opérations : fabrication, stockage, transport, montage. Le principe de ce planning découle du calepinage de chaque bâtiment. A l'origine de l'étude de la construction, partant des plans d'architecture de cellules et de façades, il est établi en collaboration avec l'architecte un découpage du bâtiment en éléments planchers, murs, refends, cloisons, escaliers, éléments spéciaux. Cette opération, d'une importance capitale, doit être conduite avec le double souci de créer le plus petit nombre possible de types d'éléments différents et de donner à chaque élément les qualités constructives qui lui sont nécessaires, tant pour sa destination finale (par exemple : portance, isolation thermique, imperméabilité et aspect extérieur) que pour les stades interm-

diaires de fabrication, de transport et de montage.

Le bâtiment étant ainsi calepiné, on établit le planning de montage qui n'est que la transcription de l'ordre logique dans lequel les panneaux seront montés, jour après jour, compte tenu des possibilités des grues. Aucun stockage ne devant avoir lieu au chantier, le planning de transport est identique au précédent avec un décalage de deux heures d'avance. Il précise le chargement de chaque remorque et permet d'établir et de contrôler les ordres de transport donnés aux chauffeurs. Le planning de fabrication et de stockage découle naturellement des précédents. Théoriquement, l'usine pourrait fonctionner sans stocks, le chef du planning commandant chaque jour les panneaux qu'il aura besoin d'expédier le surlendemain. En pratique, pour pallier aux conséquences des intempéries, plus sensibles sur les chantiers de montage qu'à l'usine, et pour permettre à la fabrication de lancer des séries d'une certaine importance, il est intéressant de maintenir constamment sur parc un stock de panneaux correspondant à dix ou quinze jours de montage.

Applications : Les procédés Camus ont été appliqués à des ensembles très divers :

— Le Havre, H. Loisel, architecte : bâtiment d'essai suivi de sept immeubles à cinq niveaux.

— Saint-Germain (1), Dubuisson, architecte : 163 logements répartis en sept immeubles.

— Fontainebleau (2), Lods et Cammas, architectes : 280 logements en quatre immeubles de deux types ayant chacun sept étages et 130 m. de long.

— Douai, Tugendresch, architecte : 4.000 habitations individuelles à exécuter en cinq ans.

— Forbach, M. Hanoteau, architecte : 2.500 logements en collectifs de quatre ou cinq niveaux.

— Région Parisienne : programme à l'origine de la création de l'usine de Montesson (v. p. 96).

Prix : Ce dernier programme permet de se rendre compte de l'intérêt économique du système puisque, sur la base de septembre 1953, les 4.000 logements ont été traités au prix de 1.446.000 fr. l'appartement moyen de trois pièces d'une surface de 52,40 m². (Equipement : chauffage collectif par sol et plafond, installation d'eau chaude, sanitaire avec bloc douche, lavabo et W.-C., bloc évier à double égouttoir avec placard sous l'évier et placard de rangement, un placard par pièce habitable, revêtement de sol en linoléum, électricité encastrée et peinture. En outre, pour les 4.000 logements, on compte 2.252 loggias et 2.500 balcons ; façades carrelées en grès cérame. Ascenseurs pour les bâtiments de plus de quatre étages. Vide-ordures sur paliers intermédiaires.)

CONCLUSIONS.

Les réalisations que nous venons d'étudier sont caractérisées par trois facteurs essentiels :

Economie de main-d'œuvre, de spécialistes et d'argent.

Rapidité : depuis les fondations jusqu'à la livraison des logements finis, il faut compter : un à deux mois pour les habitations individuelles ; quatre à six mois pour les petits collectifs d'une douzaine d'appartements ; huit à dix mois pour les immeubles d'une centaine d'appartements.

Souplesse : La variété des réalisations prouve que le procédé offre de grandes possibilités d'adaptation.

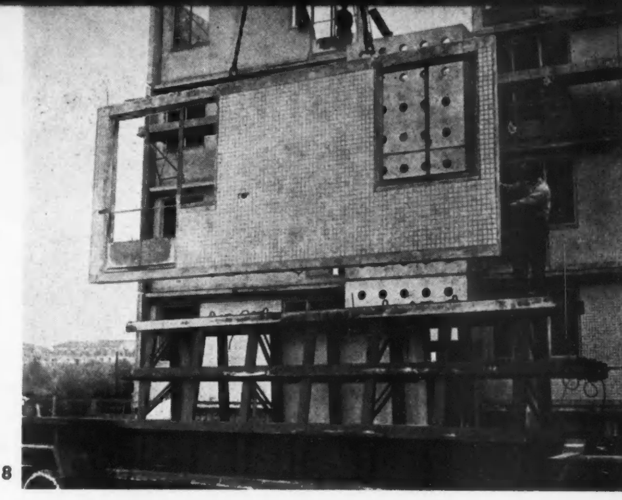
L'application économique du procédé est actuellement valable pour des séries de 500 logements d'un même modèle avec les variations d'usage sur le nombre de chambres. En effet, les moules sont conçus pour être facilement transformés et permettre des fabrications différentes.

Etant donné le rayon de distribution de 50 km. autour d'une usine, une série de 500 n'entraîne pas nécessairement de concentration excessive de logements du même type.

On envisage d'ailleurs bientôt des groupes mobiles de construction qui permettront de disperser davantage des séries économiques.

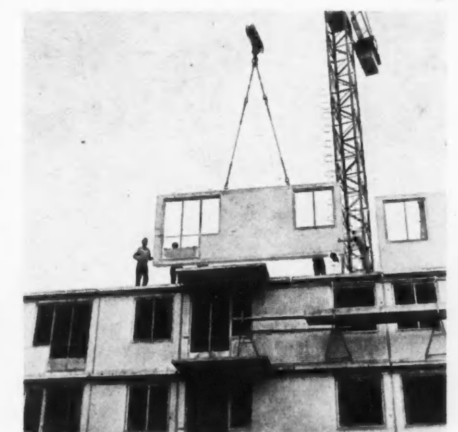
De telles méthodes doivent permettre de répondre aux besoins exceptionnels actuels et il faut souligner que la réalisation de grands programmes par ces procédés impose une collaboration étroite entre toutes les activités du bâtiment et, en particulier, une étude très poussée faite en commun entre architectes et constructeurs.

(1) *Voir A.A. n° 46.*
(2) *Voir A.A. n° 57.*



8

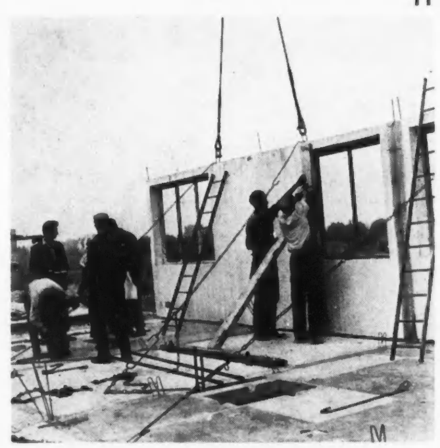
9



10

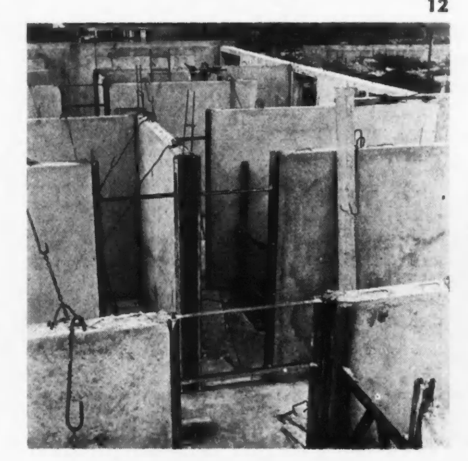


11



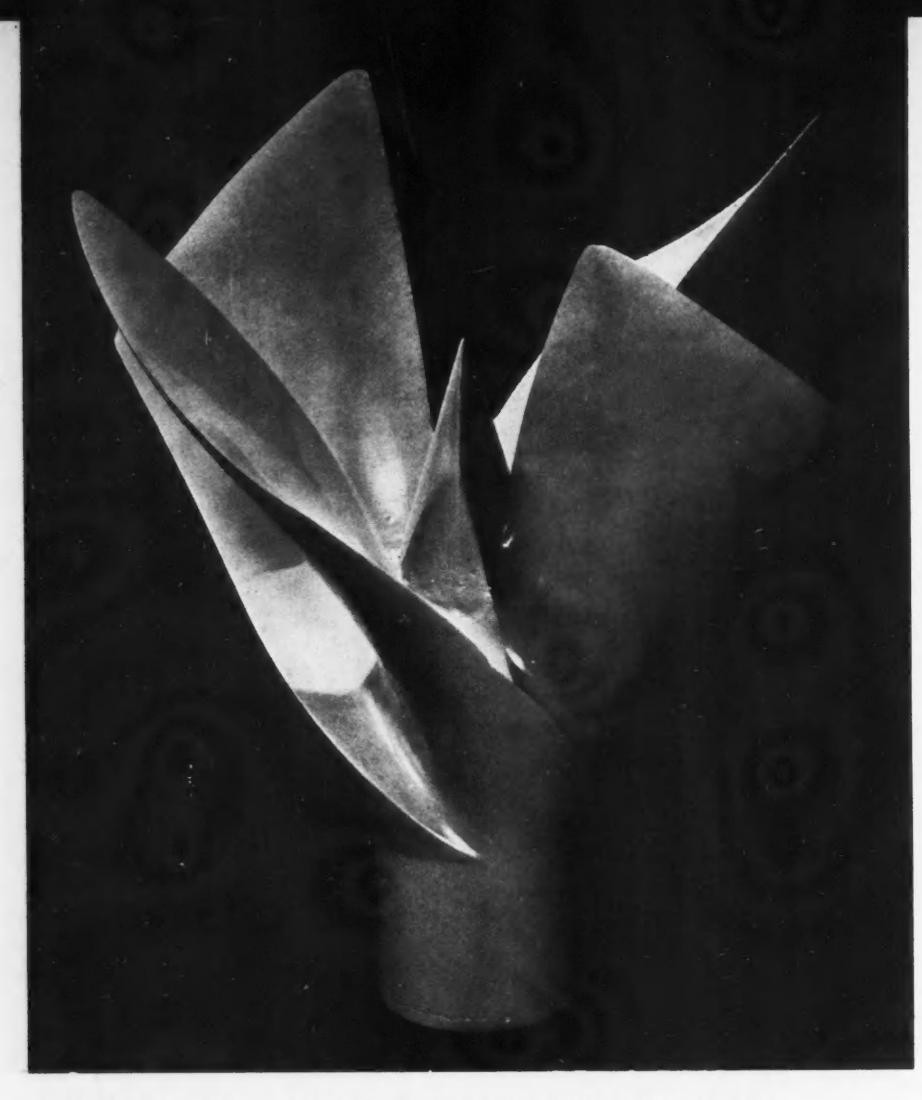
8. Arrivée sur le chantier et levage. 9. Mise en place à l'aide d'une grue d'un élément de façade. 10. Mise en place d'une dalle de plancher. 11. Calage de dalles et haubanage d'un mur. 12. Un étage le gros œuvre terminé, huisseries posées, en attente de la pose des dalles de plancher. 13. Vue d'un chantier à Boulogne-sur-Seine. Au premier plan, l'infrastructure d'un bâtiment exécuté en béton banché traditionnel.

12



13





DE LA COLLABORATION ARCHITECTES - INGENIEURS-CONSEILS

PAR MARCEL ET ANDRÉ REIMBERT, INGÉNIEURS-CONSEILS

M. Marcel Reimbert, Président d'Honneur de l'Association Française des Ingénieurs et Techniciens, éminent spécialiste du béton armé, est un ardent défenseur d'une collaboration étroite entre architectes et ingénieurs au sein d'équipes librement constituées.

Le point de vue exposé par MM. Reimbert nous paraît particulièrement intéressant au moment où les rapports entre les architectes et les ingénieurs font l'objet de discussions passionnées dans les milieux professionnels.

La mise au point d'un projet de construction exige, de la part du maître d'œuvre, la connaissance poussée des techniques des divers corps d'état.

Ces corps d'état sont nombreux, même dans le cas de constructions très simples : génie civil, revêtements, menuiserie, chauffage, électricité, plomberie, vitraux, peinture, couverture.

Les corps d'état constituent chacun une spécialité et leur coordination démontre la qualité du maître d'œuvre.

Cette coordination se manifeste une première fois lors de la conception d'ensemble d'un projet : il importe que le *parti* soit étudié avec le souci de l'harmonie générale et ne nécessite pas de prouesses qui seraient un défi à la technique. Elle se manifeste une deuxième fois au stade de la construction, alors qu'il s'agit de prévoir l'intervention, dans un ordre judicieux, des entrepreneurs des différents corps d'état.

C'est essentiellement le premier stade *conceptionnel* qui nous intéresse ici.

Les techniciens de chaque corps d'état ont extraordinairement évolué pendant la première moitié du vingtième siècle et atteint une spécialisation jamais égalée jusqu'alors.

Un maître d'œuvre doit être : mécanicien du sol (fondations), technicien de la construction en métal, en béton armé, en bois, technicien du chauffage sous toutes ses formes, technicien sanitaire, électricien. Ceci pour ne citer que les principaux corps d'état qui sont régis par des *règlements* que le maître d'œuvre doit parfaitement connaître.

La mission d'un architecte exige donc de lui une somme énorme de connaissances. Il s'ensuit qu'à moins d'être un surhomme, un architecte ne peut connaître et retenir que les principes généraux qui fixent les possibilités et les limites de chaque technique qu'il doit utiliser.

Qui peut alors apporter à un architecte la somme des connaissances spécialisées dont il a besoin dans la mise au point de ses projets ?

Le régime actuel des adjudications écarte la collaboration de l'entrepreneur de chaque corps d'état.

Il ne reste donc à l'architecte qu'une ressource : faire appel à des techniciens et, en particulier, à ceux qui comme lui, exercent leur profession *libéralement* : les ingénieurs-conseils spécialisés dans chaque technique : mécanique du sol, charpente métallique, béton armé, chauffage, sanitaire, etc.

Ces techniciens constituent *l'état-major* du maître d'œuvre qui demeure le maître absolu du choix du parti d'ensemble de la construction et le guide de *l'équipe* qu'il forme avec ses ingénieurs-conseils.

⁂

Les conditions de formation et d'existence de l'équipe sont de trois ordres :

1) *CONDITIONS PSYCHOLOGIQUES.*

a) *Rapports entre maître d'œuvre et ingénieurs-conseils :*

Le maître d'œuvre doit choisir les ingénieurs-conseils en fonction de leur valeur technique, base essentielle de toute collaboration et de leurs « capacités associatives ».

La valeur technique doit être appréciée sans préjugé d'école, de titres, d'âge. Un ingénieur-conseil prouve sa valeur en justifiant les solutions qu'il propose et, entre celles-ci, détermine la plus économique. Un ingénieur-conseil, comme le maître d'œuvre, d'ailleurs, doit toujours étudier en fonction des prix de revient (1). Il n'est véritablement ingénieur-conseil que s'il exerce libéralement sa profession.

Les capacités associatives sont indispensables. Il importe qu'un maître d'œuvre puisse demander à un ingénieur-conseil de modifier une conception qui, si elle est justifiée dans le domaine de la spécialité de l'ingénieur-conseil, peut présenter des désavantages

Ci-contre : MM. M. et A. Reimbert, poursuivant des recherches dans un tout autre domaine que celui de la construction, ont mis au point récemment un type d'hélice marine révolutionnaire. D'après les premiers résultats, il semble bien que cette hélice soit appelée à bouleverser toutes les conceptions classiques dans ce domaine, et à permettre une économie considérable d'énergie à la propulsion. On admirera la forme plastique étonnante de l'hélice, résultant du calcul mais aussi l'intuition qui est l'apanage des grands inventeurs.

pour le parti architectural. Ceci est d'ailleurs parfaitement réciproque : il se peut que le maître d'œuvre, dans la mise au point de son parti architectural, ait insuffisamment tenu compte des contingences qui limitent les possibilités des techniciens et que ceux-ci soient amenés à demander une révision du parti architectural.

Ceci n'est possible qu'à la condition que le maître d'œuvre et chacun des ingénieurs-conseils puissent se comprendre et il importe que chaque membre de l'équipe soit prêt à faire les concessions qui sont de règle dans toute communauté.

A partir du moment où le maître d'œuvre a décidé de collaborer avec un ingénieur-conseil, il doit faire à celui-ci une confiance totale, qu'il est indispensable de compenser par une consultation sur le choix de la solution adoptée entre toutes celles que cet ingénieur-conseil propose.

b) *Rapports entre ingénieurs-conseils :*

Chaque ingénieur-conseil doit faire *confiance* à ses confrères et la détermination de solutions à adopter ne peut être envisagée que dans un climat de parfaite *compréhension* des difficultés de chacun.

Cette confiance et cette compréhension dépendent beaucoup de l'atmosphère de travail que créera le maître d'œuvre, mais elles résultent essentiellement des difficultés et de la souplesse d'adaptation de chacun. Il ne faut pas que les membres d'une équipe soient « tristes », imbus de leurs prérogatives, restant farouchement sur leurs positions. On ne peut travailler véritablement qu'avec des hommes gais, confiants, souples. Tout membre de l'équipe qui tend à se mettre en vedette ne pourra jamais être un bon équipier. Une construction est une œuvre collective, elle ne peut plus donner lieu à un « festival » de l'un des techniciens, ni même du maître d'œuvre. Tous les membres de l'équipe doivent être absolument, formellement persuadés du caractère *collectif* d'une réalisation.

2) *CONDITIONS ADMINISTRATIVES.*

a) *Mission d'avant-projet :*

Le Maître d'œuvre a très bien pu ne demander qu'une étude d'avant-projet aux ingénieurs-conseils choisis dans le seul but de procéder aux adjudications et à la désignation des entrepreneurs. La mission des ingénieurs-conseils peut s'arrêter là ou se poursuivre sous forme de contrôle d'exécution. Dans les deux cas, l'architecte devra signaler, dans son cahier des charges, l'intervention des ingénieurs-conseils.

b) *Mission d'exécution :*

Le maître d'œuvre peut décider que les adjudications auront lieu sur les bases indiquées par les ingénieurs-conseils qu'il a choisis, mais que les entrepreneurs désignés devront exécuter sur les études des ingénieurs-conseils qui remettront leurs plans aux entrepreneurs au fur et à mesure de l'avancement du chantier. Ce système permet de travailler en liaison avec les entrepreneurs, en appliquant les moyens dont ils disposent.

Il peut également décider que ses dossiers d'adjudications comporteront les études et plans complets des ingénieurs-conseils.

Il devra alors spécifier dans ses cahiers des charges que les entrepreneurs se conformeront strictement aux études et plans des ingénieurs-conseils.

Les ingénieurs-conseils sont responsables de leurs études dans tous les cas, mais seulement dans la mesure où ils sont intervenus.

Signalons que certains ingénieurs-conseils sont personnellement assurés, même pour des erreurs de calculs qu'ils auraient pu commettre.

Dans tous les cas, le Maître d'œuvre pourra demander aux entrepreneurs consultés des variantes économiques, sans que toutefois ces variantes entraînent une modification du parti adopté.

3) *CONDITIONS FINANCIERES.*

Il n'est pas question pour un architecte de rémunérer des ingénieurs-conseils. Ses honoraires, tels qu'ils sont calculés actuellement, n'y suffiraient pas.

Il peut donc mentionner dans ses Cahiers des charges que les honoraires d'études seront dus à chaque ingénieur-conseil et versés par chaque entrepreneur. Il est commode pour le calcul de ces honoraires, de renvoyer aux barèmes de la Chambre syndicale des Ingénieurs-Conseils.

⁂

Le travail en équipe de tous les techniciens permet de réunir le maximum de chances pour la réussite d'une construction.

Il est capital d'insister sur le caractère libéral de l'équipe ainsi formée, dont tous les membres exercent libéralement leur profession. C'est la garantie totale pour un maître d'œuvre que l'Ingénieur-conseil de chaque spécialité pourra lui présenter un certain nombre de solutions possibles prévoyant l'utilisation de divers matériaux ou systèmes, avec état comparatif de prix de revient. Le choix de la meilleure solution est alors basée à la fois sur son adaptation parfaite ou possible au parti architectural et sur la certitude d'un prix de revient d'ensemble abaissé au maximum.

(1) *Voir à titre d'exemple, l'article de M. Reimbert, « Le Béton armé économique », paru dans l'Architecture d'Aujourd'hui, n° 41.*



INFORMATIONS DE L'UNION INTERNATIONALE DES ARCHITECTES

COMMISSIONS DE L'U.I.A.

La Commission des Constructions scolaires s'est réunie à Londres, les 19, 20 et 21 mars dernier.

Le Comité Exécutif s'est réuni à Capri du 16 au 21 avril.

La Commission de l'Habitat et de l'Industrialisation se réunira à Genève les 11, 12 et 13 mai prochain.

La Commission des Concours Internationaux se réunira à Francfort-sur-le-Main (Allemagne), les 26, 27, 28 mai prochain.

La Commission de l'Urbanisme se réunira à Varsovie (Pologne), du 17 au 24 juin prochain.

V[e] CONGRES

Une réunion a eu lieu à Prague (Tchécoslovaquie), au sujet du V[e] Congrès.

Une lettre circulaire et une enquête seront diffusées par la Commission d'Organisation.

La liste des questions préparée par la Section soviétique pour être communiquée aux sections nationales dans le cadre des préparatifs du Congrès, sera précisée définitivement après discussion à la séance de la Commission d'Urbanisme de l'U.I.A. en présence des rapporteurs à Varsovie en juin prochain.

REUNIONS DIVERSES

29 mai-1[er] juin : Association internationale des Arts plastiques. Comité Exécutif. UNESCO.

5-8 juin : V[e] Congrès-Exposition international des Techniciens de la Santé. Paris.

5-8 juin : V[e] Conférence des organisations non gouvernementales bénéficiant des arrangements consultatifs auprès de l'UNESCO. UNESCO.

8-18 août : Stage d'études ONU/UNESCO sur l'urbanisation dans la région de l'Ecafe : Bangkok (Thaïlande).

17-19 septembre : Comité de liaison des Organisations internationales dans le domaine des arts et des lettres. UNESCO.

O.E.C.E. : La prochaine réunion du Groupe chargé de l'exécution de la seconde étape de l'Etude de la Coordination Modulaire aura lieu du 4 au 6 mai, à Milan, et les 7 et 8 mai, à Rome.

CHANGEMENTS D'ADRESSES

International Confederation of Professional and Intellectual Workers, nouvelle adresse : 1, rue de Courcelles, Paris (8[e]).

International Union for the Protection of Nature, nouvelle adresse : 31, rue Vautier, Bruxelles.

International Federation for Housing and Town Planning, Laan Copes van Cattenburch, 123, La Haye.

SUISSE

Hans Bernoulli, l'architecte suisse bien connu, vient de fêter son quatre-vingtième anniversaire.

Toutes nos félicitations.

CONVENTION FRANCO-BELGE

Une convention entre la France et la Belgique autorise désormais les ressortissants français et belges à exercer la profession d'architecte respectivement en France et en Belgique au même titre que les nationaux. Ils seront également autorisés à suivre les cours des écoles d'architecture et à se présenter aux examens légaux conférant le diplôme d'architecte.

Les architectes belges autorisés à exercer leur profession en France, seront inscrits sur un tableau annexe à l'Ordre des architectes français.

La convention est conclue pour une durée de cinq ans, renouvelable.

ALLEMAGNE

Le nombre de logements terminés pour le Ministère du Logement de la République fédérale allemande se répartit ainsi : 1949 : 215.000 logements ; 1950 : 360.000 logements ; 1951 : 410.000 logements ; 1952 : 443.000 logements ; 1953 : 518.000 logements ; 1954 : 543.000 logements ; 1955 : 540.000 logements, soit au total, depuis 1949 : 3.029.000 logements réalisés.

En Rhénanie-Westphalie, les nombreux programmes de construction de logements sociaux touchant à leur fin, l'Etat peut maintenant s'intéresser à la reconstruction des centres urbains qui avait été un peu négligée lors de la première période de la reconstruction. Ce problème est particulièrement aigu en Rhénanie-Westphalie et les fonds sont désormais répartis à raison de 55 % pour la restauration des ruines et 45 % pour les nouvelles habitations.

PAKISTAN

C'est l'architecte allemand Richard Döcker qui a été chargé de la construction de la Cité universitaire de Hyderabad destinée à environ 10.000 étudiants, et comportant tous les bâtiments d'enseignement et annexes.

IRAK

Le Ministère de l'Hygiène vient de mettre au point un plan quinquennal pour la construction d'une cité sanitaire. La plus grosse partie de ce projet comprend la construction d'une cité médicale et d'un grand hôpital à Bagdad, et prévoit la construction d'un hôpital à Basrah, un à Kadimain et un troisième à Amarah.

UNION INTERNATIONALE DES ORGANISMES FAMILIAUX

La quatrième session de la Commission du Logement familial de l'Union Internationale des Organismes familiaux s'est réunie à Barcelone (Espagne), du 22 au 24 mars 1956.

ROYAUME-UNI

A la suite d'un concours sur invitation, c'est le projet de M. Eero Saarinen qui a été retenu pour le nouvel immeuble de l'ambassade américaine à Grosvenor Square, à Londres.

CONCOURS INTERNATIONAUX

Nous rappelons que les programmes des concours suivants ont été soumis pour approbation à l'U.I.A. et sont considérés comme *satisfaisants* (dans certains cas, après modification apportée par les organisateurs à notre demande) :

— Concours pour le Musée d'Alep (Syrie). — Organisateurs : Direction Générale des Antiquités de Syrie, Damas. Date de remise des projets : 24 avril 1956.

— Concours pour l'Opéra de Sydney (Australie). — Organisateurs : Government of the State of New South Whales. Date de remise des projets : 3 décembre 1956.

— Concours pour l'Aménagement des abords de la Cathédrale de Cologne : Organisateurs : Ville de Cologne. Date de remise des projets : 30 juin 1956.

— Concours International d'Idées pour l'Aménagement de la Place des Nations, à Genève. — Organisateurs : Département des Travaux Publics, 6, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Genève.

La date de remise des projets sera communiquée ultérieurement.

En ce qui concerne les concours suivants :

— Concours pour la Basilique de Syracuse (Italie) ;

— Concours pour le Monument du Généralissime Trujillo (République Dominicaine) ;

— Concours pour l'érection d'un Monument à New Delhi (Indes),

le règlement n'a pas été jugé acceptable et la participation à ces concours reste déconseillée jusqu'à ce que les organisateurs aient apporté les modifications indispensables demandées par l'U.I.A.

PUBLICATION U.I.A.

L'U.I.A. vient de publier le premier rapport établi par la Commission des Constructions scolaires à la demande de l'Unesco. Il fait état des résultats de l'enquête poursuivie dans seize pays (Allemagne, Belgique, Pays-Bas, Italie, Suisse, Royaume-Uni, France, Suède, Danemark Yougoslavie Pologne, Etats-Unis, Mexique, Japon, Maroc, Tunisie). C'est une étude sérieuse et extrêmement bien menée qui groupe les réponses des Sections Nationales. Des exemples judicieux sont donnés avec photographies plans et croquis à l'appui.

De telles publications sur le plan international entrent bien dans le cadre de la mission de l'U.I.A. qui fournit ainsi aux architectes une étude approfondie sur un sujet technique et fait le point des réalisations de chaque pays. Une présentation claire en rend la lecture aisée et d'autant plus profitable. Une bibliographie détaillée complète la documentation. Un excellent document.

EXPOSITION DU CONCOURS INTERNATIONAL D'EMULATION

Lors de son dernier Congrès, l'U.I.A. avait organisé, au sein des écoles d'architecture des différents pays membres, un Concours d'Emulation des Etudiants architectes. Rappelons que ce concours demandait l'étude d'une unité d'habitation de 2.000 habitants sur un terrain réel.

Les participations à ce concours avaient fait l'objet d'une exposition à La Haye, qui vient d'être présentée à Paris, avec l'appui de l'UNESCO, du 24 mars au 7 avril, à l'Ecole des Beaux-Arts, où elle fut inaugurée par M. Jaujard, Directeur général des Arts et des Lettres au Ministère de l'Education Nationale.

Que peut-on retenir de cette confrontation ? Elle confirme que les différentes écoles d'architecture tendent toutes plus ou moins, d'une part à mettre les étudiants devant les problèmes réels de notre époque, d'autre part à développer, dès le stade universitaire, le travail d'équipe.

La valeur des contributions des différentes écoles est très variable, certaines semblant n'avoir pas pris ce concours très au sérieux, d'autres manquent peut-être de moyens pour une présentation sur le plan international. Si on était frappé par la qualité de certains envois comme celui de l'Ecole Polytechnique de Zurich ou ceux des écoles anglaises, on pouvait regretter par contre une participation plus qu'insuffisante de la Faculté d'Architecture israélienne qui aurait peut-être mieux fait de s'abstenir totalement.

Il semble bon de souligner, pour les futures expositions, la nécessité de présenter des documents facilement assimilables et lisibles (les inscriptions portées sur les documents yougoslaves les rendaient presque incompréhensibles, les documents hongrois trop nombreux se chevauchaient).

La participation française mérite quelques commentaires. L'Ecole Spéciale d'Architecture a présenté deux plans masse cohérents et honnêtement étudiés sur le thème du remodelage d'un quartier sinistré d'Orléans. Toute la presse non spécialisée (du Figaro à La Journée du Bâtiment) a d'ailleurs mis cette contribution à l'actif de l'Ecole Nationale des Beaux-Arts !

Cette dernière a exposé, avec sa superbe habituelle, et en négligeant complètement l'étude d'un programme complexe, trois ou quatre « esquisses » (à peu près les seules de l'ensemble à s'inspirer de l'œuvre de Le Corbusier !). La meilleure d'entre elles est un magnifique rendu pouvant servir sans aucun doute de carton pour une tapisserie d'Aubusson !

On ne pouvait mieux illustrer l'esprit de l'Ecole du quai Malaquais qui, en regard d'un thème concret, l'habitation, présente des abstractions graphiquement habiles et limitées à un « plan masse » nageant dans le vide. On se demande si les élèves architectes français qui ont maintenant l'occasion de comparer cet esprit avec celui régnant dans d'autres écoles en tireront des conclusions...

A. A.

